

# MAGYAR GEOFIZIKA

Az 1994-ben befejezett geofizikai tárgyú

## OTKA pályázatok

poszteres bemutatója

1995. október 3-6.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet  
konferenciaterme

36. évfolyam különszám



1995

*Lapunk a Pro Renovanda Cultura Hungariae  
Alapítvány támogatásával jelenik meg.*

**A kötet fényképein látható kollégáink (balról jobbra):**

- 1 — RÁNER Géza (ELGI), KISS Bertalan (MOL Rt.), DRAHOS Dezső (ELTE),  
(a háttérben) GAÁL Gábor (MÁFI)
- 2 — ORMOS Tamás (ME), HEGYMEGI László (ELGI), TÖRÖS Endre (ELGI),  
(a háttérben) VERŐ László (ELGI)
- 3 — TAKÁCS Ernő (ME), MÁRTON Péter (ELTE), SZEDERKÉNYI Tibor (JATE)
- 4 — JOCHÁNÉ EDELÉNYI Emőke (MÁFI), MÁRTONNÉ SZALAY Emőke (ELGI),  
GAÁL Gábor (MÁFI)
- 5 — GÚTHY Tibor (ELGI), HORVÁTH Ferenc (ELTE), PÁNCSICS Zoltán (ELGI),  
PÁLYI András (MOL Rt.)
- 6 — ANDRÁSSY László (ELGI), FERENCZY László (MOL Rt.), SZENDRŐ Dénes
- 7 — POSGAY Károly (ELGI), TAKÁCS Ernő (ME)
- 8 — SZARKA László (MTA GGKI), CSEREPES László (ELTE)
- 9 — VERŐ József (MTA GGKI), VÁRHEGYI András (Mecsekurán Kft.)
- 10 — GYULAI Ákos (ME), BARÁTH István (ELGI), DOBRÓKA Mihály (ME)

A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességéért, illetve közölhetőségéért a felelősséget kizárólag a szerzők viselik.

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Eötvös Loránd Geofizikai Intézet  
1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.  
Telefon: 252-4999

Felelős kiadó: dr. Bodoky Tamás igazgató

Nyomtatás: 4COLOR REPRO Kft.  
1131 Budapest, Rokolya u. 1-13. Tel./Fax: 120-3022



Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél 1371 Budapest, Pf. 433., Telefon: 201-9815  
Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében. Megjelenik évente négyszer.

## TARTALOMJEGYZÉK

ÁDÁM Antal akadémikus megnyitóbeszéde.....	3
Hidraulikus és hidrotermális áramlási viszonyok modellezése üledékes medencékben (1991—1994) <i>Cserepes László, Bus Zoltán, Lenkey László</i> .....	4
Vízutató fúrásokban mért régi karotázás szelvények minőségellenőrzött kiértékelése (1992—1994) <i>Drahos Dezső, Cserepes László, Salát Péter</i> .....	6
A Pannon-medence regionális mágneses anomáliái a MAGSAT mérései alapján <i>Kis Károly, Wittmann Géza</i> .....	10
Belső-kárpáti tektonikai egységek harmadkori mozgástörténetének kutatása paleomágneses és egyéb módszerekkel <i>Márton Péter, Mártonné Szalay Emőke</i> .....	13
Szeizmikus tomográfia <i>Wéber Zoltán, Győri Erzsébet</i> .....	19
A lézerspektroszkópia alkalmazási lehetőségei a földtani és környezetvédelmi kutatásokban <i>Andrássy László, Német Béla</i> .....	22
A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása <i>Posgay Károly, Albu István, Ádám Antal, Bérczi István, Hegedűs Endre, Jánváriné Kántor Ilona, Kovácsvölgyi Sándor, Lenkey László, Nagy Zoltán, Pápa Antal, R. Tátrai Mariann, Sípos József, Stegena Lajos, Szafián Péter, Szalay Árpád, Tímár Zoltán, Takács Ernő, Varga Géza</i> .....	27
A hullám-részecske kölcsönhatás tanulmányozása a Föld körüli térségben <i>Bencze Pál, Ferencz Csaba, Hamar Dániel, Hegyemi László, Kovács Károly, Körmendi Alpár, Lichtenberger János, Márcz Ferenc, Sátori Gabriella, Tarcsai György</i> .....	37
Természetes és mesterséges elektromágneses terek kölcsönhatása <i>Szarka László, Ádám Antal, Steiner Tibor, Pásztor Péter, Wesztergom Viktor, Prácser Ernő</i> .....	43
Magyar részvétel a INTERMAGNET-ben <i>Varga Péter, Hegyemi László, Körmendi Alpár, Wesztergom Viktor, Kovács Péter, Wallner Ákos</i> .....	46
Magnetoszféra-kutatás pulzációkkal (1991—1994) <i>Verő József, Bencze Pál, Cz. Miletits Judit, Holló Lajos, Márcz Ferenc, Wallner Ákos, Wesztergom Viktor, Zieger Bertalan</i> .....	50
A geogáz feláramlás és geodinamikai események kapcsolatának műszeres vizsgálata radonmérések útján; országos obszervatóriumi hálózat kiépítése <i>Várhegyi András, Baranyi István, Hakl József</i> .....	54
Geofizikai módszerfejlesztés geoelektromos rekonstrukció és szeizmikus tomográfia együttes alkalmazására földtani szerkezetek inhomogenitásának meghatározása céljából <i>Dobróka Mihály, Gyulai Ákos, Ormos Tamás</i> .....	58
Elektromágneses kutatás a mélyfúrások béléscsővének felhasználásával <i>Takács Ernő, Szarka László, Varga Mihály</i> .....	60



# MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

ASSOCIATION OF  
HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

UNGARISCHE  
GEOPHYSIKALISCHE  
GESELLSCHAFT

ASSOCIATION DES  
GÉOPHYSICISTES HONGROIS

ОБЩЕСТВО ВЕНГЕРСКИХ  
ГЕОФИЗИКОВ

1371 Budapest, Pf. 433. (1027 Budapest, Fő utca 68.)

Telefon } 201 9815  
Telefax }  
Telex: 22 4343

## MEGHÍVÓ

A Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai Tudományos Bizottsága, valamint a Magyar Geofizikusok Egyesülete Tudományos és Oktatási Bizottsága nevében tisztelettel meghívjuk

az 1994-ben befejezett geofizikai tárgyú OTKA pályázatok eredményeinek poszteres bemutatójára

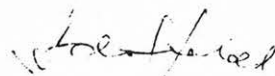
a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetbe  
(Budapest, XIV. Columbus u. 17-23.)

A bemutató ünnepélyes megnyitójának időpontja  
**1995. október 3. (kedd) 10 óra.**

Ezen a témavezetők rövid tájékoztatót adnak főbb eredményeikről.  
A bemutató 1995. október 3. és 6. között látogatható.

  
Dr. Takács Ernő

a műszaki tud. doktora  
a MTA Geofizikai Tud. Bizottság  
elnöke



Dr. Ádám Antal  
az MTA rendes tagja  
a MGE Tud. és Oktatási Bizottság  
társelnöke

**A MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI INTÉZETBEN 1995. OKTÓBER 3 ÉS 6  
KÖZÖTT RENDEZETT BEMUTATÓN LÁTHATÓ OTKA POSZTEREK**

**Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE)**

**Cserepes László** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Bus Zoltán** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Lenkey László** (ELTE Geofizikai Tanszék)

*Hidraulikus és hidrotermális áramlási viszonyok modellezése üledékes medencékben (1991 – 1994)*

**Drahos Dezső** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Cserepes László** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Salát Péter** (ELTE Geofizikai Tanszék)

*Vízutató fúrásokban mért "régi szelvények" minőségellenőrzött kiértékelése (1992 – 1994)*

**Ferencz Csaba** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Bognár Péter** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Ferencz Orsolya** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Hamar Dániel** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Lichtenberger János** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Pásztor Szilárd** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Székely Balázs** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Tarcsai György** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Timár Gábor** (ELTE Geofizikai Tanszék)

*Elektromágneses hullámok (sugárzás) terjedése inhomogén közegekben és kölcsönhatása bonyolult felszíni szerkezetekkel (1991 – 1994)*

**Kis Károly** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Wittman Géza** (Geofizikai Szolgáltató Kft.)

*A Pannon-medence regionális mágneses anomáliái a MAGSAT mérései alapján (1992 – 1994)*

**Márton Péter** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Fodor László** (ELTE Alkalmazott Földtani Tanszék), **M. Szalay Emőke** (ELGI)

*Belső-kárpáti tektonikai egységek harmadkori mozgásainak tanulmányozása paleomágneses módszerekkel (1990 – 1994)*

**Wéber Zoltán** (MTA Geofizikai Tanszéki Kutató Csoport), **Györi Erzsébet** (MTA Geofizikai Tanszéki Kutató Csoport)

*Szeizmikus tomográfia (1992 – 1994)*

**Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI)**

**Andrássy László** (ELGI), **Német Béla** (Janus Pannonius Tudományegyetem, Fizika Tanszék)

*A lézerspektroszkópia alkalmazási lehetőségei a földtani és környezetvédelmi kutatásokban (1993 – 1994)*

**Posgay Károly** (ELGI), **Ádám Antal** (MTA GGKI), **Horváth Ferenc** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Stegena Lajos** (ELTE Térképtudományi Tanszék)

*A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása (1991 – 1994)*

**Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete (MTA GGKI)**

**Bencze Pál** (MTA GGKI), **Ferencz Csaba** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Hamar Dániel** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Hegymegi László** (ELGI), **Kovács Károly** (MTA GGKI), **Körmendi Alpár** (ELGI), **Lichtenberger János** (ELTE Geofizikai Tanszék), **Márcz Ferenc** (MTA GGKI), **Sátori Gabriella** (MTA GGKI), **Tarcsai György** (ELTE Geofizikai Tanszék)

*A hullám-részecske kölcsönhatás tanulmányozása a Föld körüli térségben (1991 – 1994)*

**Szarka László** (MTA GGKI), **Ádám Antal** (MTA GGKI), **Papp Gábor** (MTA GGKI), **Pásztor Péter** (MTA GGKI), **Prácser Emő** (ELGI), **Szalai Sándor** (MTA GGKI)

*Természetes és mesterséges eredetű elektromágneses terek kölcsönhatása (1991 – 1994)*

**Varga Péter** (MTA GGKI), **Hegymegi László** (ELGI), **Körmendi Alpár** (ELGI), **Wallner Ákos** (MTA GGKI), **Wesztergom Viktor** (MTA GGKI)

*Magyar részvétel az INTERMAGNET programban (1991 – 1994)*

**Verő József** (MTA GGKI), **Bencze Pál** (MTA GGKI), **Cz. Miletits Judit** (MTA GGKI), **Holló Lajos** (MTA GGKI), **Márcz Ferenc** (MTA GGKI), **Wallner Ákos** (MTA GGKI), **Wesztergom Viktor** (MTA GGKI), **Zieger Bertalan** (MTA GGKI)

*Magnetoszférakutatás pulzációkkal (1991 – 1994)*

**Mecsekurán Ércbányászati Kft (MÉ Kft.)**

**Várhegyi András** (MÉ Kft.), **Baranyi István** (MÉV), **Hakl József** (Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézete)

*A geogáz feláramlás és geodinamikai események kapcsolatának műszeres vizsgálata radonmérések útján: országos obszervatóriumi hálózat kiépítése (1991 – 1994)*

**Miskolci Egyetem (ME)**

**Dobróka Mihály** (ME Geofizikai Tanszék), **Gyulai Ákos** (ME Geofizikai Tanszék), **Ormos Tamás** (ME Geofizikai Tanszék)

*A szeizmikus és geoelektromos tomográfiai módszerfejlesztés néhány eredménye (1991 – 1995)*

**Takács Ernő** (ME Geofizikai Tanszék), **Szarka László** (MTA GGKI), **Varga Mihály** (Központi Bányászati Fejlesztő Intézet Triász Kft.)

*A béléscsőnek, mint adó- és vevőantennának használata az elektromágneses kutatásban (1991 – 1994)*

## ÁDÁM ANTAL MEGNYITÓBESZÉDE

*Tisztelt Vendégek, kedves Kollégánők és Kollégák!*

Tisztelettel köszöntöm Önöket az 1994-ben befejezett geofizikai tárgyú OTKA, azaz „Országos Tudományos és Kulturális Alap” pályázatok eredményeinek poszteres bemutatóján, amelyet a geofizikus társadalom akadémiai és egyesületi tudományos bizottsága közösen kezdeményezett és ehhez a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, személy szerint dr. BODOKY Tamás igazgató nagylelkű segítségével nyújtott a bemutató befogadásával, technikai megrendezésével. Az utóbbiban VERŐ László igazgatóhelyettes érdemét kell elismernünk.

Köszönöm az Önök érdeklődését TAKÁCS Ernő professzor nevében is, aki az MTA tudományos bizottságának elnökeként szintén kezdeményező szerepet vállalt a rendezvényben.

A rendezvény megszervezésének indokairól szólnék néhány szót.

1991–94 között az OTKA Élettelen Természettudományok Szakkollégiumának tagja voltam és így alkalmam volt betekinteni az OTKA „belső világába”. Amikor az utolsó években a pénzügyi restrikciónak elérte az OTKA-t is és a támogatás csökkent, az OTKA vezetés szükségesnek tartotta, hogy bemutassa az OTKA pályázati rendszer eredményeit és így alátámassza jogos igényeit. Ezt a következőkkel indokolta:

„A világ fejlett országaiban működő tudományos alapítványok rendszeresen tájékoztatják országuk vezetését és az adófizető polgárt tevékenységükről. A beszámolóból egyrészt megítélhető az, hogy a rájuk bízott pénzzel jól gazdálkodtak-e, másrészt, hogy a támogatást élvező kutatócsoportok nem érdemtelenül kaptak bizalmat.”

Ezt a feladatot elsősorban az OTKA témavezetőktől bekért rövid beszámolók szakterületenkénti összefoglalásával — egy jó írói vénájú szakember segítségével — kívántuk elérni, amelyhez az OTKA iroda statisztikai adatokat szolgáltatott.

A geofizikai társadalom egy *szuggesztívebb módszert* választott a fenti cél elérésére és így született meg a jelenlegi poszteres bemutató.

Nem áll módomban Önöknek részletes számszerű tájékoztatást adni az OTKA elmúlt időszakáról. Még mint szakkollégiumi tag 1994 végén értesültem az 1995-ös költségvetésről. A geofizika részesedését szeretném csak megadni.

Tudományterületünk az Élettelen Természettudományi Szakkollégium Földtudomány I. zsűrijéhez tartozik. A Földtudomány I. zsűri 8,75%-ban részesedett eddig a szakkollégium költségvetési pénzéből. 1995-re tematikus pályázatra kereken 25 MFt, ifjúsági pályázatra pedig 3 MFt állt rendelkezésre. A geofizika e tételekből 7,9 MFt-ot, illetve 0,419 MFt-ot kapott a benyújtott és eredményesnek ítélt pályázatai alapján. Ezek a számok talán eligazítanak a bemutatott eredményeket illetően is.

*Tisztelt Jelenlévők!*

Önök a meghívóval együtt kézhez kapták az itt bemutatásra kerülő poszterek témáinak jegyzékét a közreműködők nevével, ill. intézményének megnevezésével együtt. Rendkívül változatos a témaválaszték. Az OTKA célkitűzéseinek megfelelően jelentős részükben *alapkutatás*, azonban minden kutatásközelben dolgozó szakember tudja, hogy az alapkutatásnak jelentős perspektívái vannak. Az elméleti, módszertani kérdések mellett Önök a geofizika széles spektrumára tekinthetnek itt rá a magaslégkörtől (magnetoszféra, ionoszféra, hullámterjedés) a szilárd Föld litoszférájának talapzatáig és ez utóbbi múltjáig (paleomágnesség). Vannak azonban egészen konkrét, a mindennapokat szolgáló eredmények is, hogy csak a mélyfúrás geofizika eredményeinek minőségi kiértékelését, a radon gáz feláramlásának új megfigyelési módszerét említsem.

Kérem, hogy BODOKY igazgató úr üdvözlő beszéde után hallgassák meg a témavezetők pár perces figyelemfelhívó előadását, majd érdeklődési területüknek megfelelően részletesen faggassák ki az eredmények „tulajdonosait”.

Köszönöm szíves figyelmüket.

# *Hidraulikus és hidrotermális áramlási viszonyok modellezése üledékes medencékben (1991—1994)*

CSEREPES LÁSZLÓ<sup>1</sup> (témavezető), BUS ZOLTÁN<sup>1</sup>, LENKEY LÁSZLÓ<sup>1</sup>

L. CSEREPES, Z. BUS, L. LENKEY: Modelling hydraulic and hydrothermal underground water flow in sedimentary basin

OTKA nyilvántartási szám: T 2134

Üledékes medencék felszínközeli porózus-permeabilis közetrétegeiben általában a felszín alatti vizek lassú mozgása figyelhető meg — így van ez a Pannon-medence esetében is. A vízmozgás legfontosabb hajtóereje az, hogy a talajvíztükör medence méreteiben nézve nem horizontális, hanem kisebb-nagyobb lejtői vannak: ezek „sík” vidéken általában jól követik a medencében meglévő kis topografikus magasságkülönbségeket. A felszín alatti vizek a magasabb helyzetben lévő talajvíztükör alól a mélyebben lévő részek felé mozognak. Ezt az áramlást hidraulikus típusúnak nevezhetjük. Előfordulhat (ritkábban) egy másik hajtóerő is. Ha a felszíni rétegekbe alulról érkező hőáram nagy és a vízáteresztő rétegösszlet jelentős vastagságú és permeabilitású, termikus eredetű instabilitás léphet fel, azaz szabad termikus konvekció indulhat meg. Ebben a hajtóerő a hőtágulásból eredő sűrűségkülönbségeken, azaz az archimedesi felhajtóerőn alapszik.

Vizsgálataink tárgyául e két vízmozgás külön és együtt történő fellépését választottuk. Elsősorban elméleti modellezés volt a célunk, de egyes esetekben a két vízmozgásnak a magyar Alföld vízrendszerében való konkrét jelentkezését is tanulmányoztuk. Két- és háromdimenziós számításokat egyaránt végeztünk.

A kétdimenziós számításokhoz egy flexibilis végesdifferenciás programot használtunk. Ez alkalmas tetszőlegesen változó permeabilitáseloszlás (ill. bármilyen más paramétereloszlás, pl. vízviszkozitás) kezelésére, a végesdifferenciás háló is sűrűsíthető vagy ritkítható a közeg tulajdonságaihoz idomulva. A

program az áramlás időbeli változásait is követi, ehhez a váltakozó irányok implicit iterációs módszerét használjuk.

A háromdimenziós számítások céljaira egy részben spektrális, részben végesdifferenciás eljárást alkalmaztunk. Ez ugyancsak képes az időbeli történet modellezésére is. Vele egyelőre csak egyszerűbb elvi modellszámításokat végeztünk, s ezekben csak konstans rétegparaméterek szerepeltek. A kód ennél egy kicsit általánosabban alkalmas mélységfüggő (rétegezett) paraméterek (pl. permeabilitás, viszkozitás) beépítésére is.

Az eredmények első csoportja a tisztán hidraulikus eredetű áramlásra vonatkozik. Ennek sajátosságai önmagukban egyszerűek, az igazi érdekesség az áramlási „nyomjelzőknek”, pl. a hőmérsékletnek és az oldott anyagok kémiai koncentrációjának vizsgálatában van. Hacsak konvektív instabilitás fel nem lép — s ez inkább csak lokálisan történik, úgy, mint Tiszakécske vidékén —, akkor az Alföld viszonyai között a hőmérséklet cirkulációs eredetű ingadozásai nem kiugróak, ám a kémiai koncentrációkban nagy ingadozások jöhetnek létre. Ez abból ered, hogy a vízben oldott anyagok diffúziója és diszperziója jóval kisebb a hődiffuzivitásnál. Nagyon alkalmasnak találtuk áramlási nyomkövetőnek a legkönnyebb nemesgáz, a hélium koncentrációját. E gáz kémiai reakciókban nem vesz részt, így eloszlását egyszerűbb törvények szabályozzák. Az Alföld bizonyos területeiről már publikált héliumkoncentrációk álltak rendelkezésünkre, de mi magunk is részt vettünk egy sor ilyen mérés végrehajtásában. Alföldi kutakból összegyűjtött, légmentesen lezárt vízmintákat elemeztünk a cambridge-i egyetem (Anglia) tömegspektrográfjával a kémiai és izotópos összetétel megállapítása céljából.

<sup>1</sup>ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

Egy konkrét kétdimenziós szelvényen részletesen vizsgáltuk a héliumkoncentráció eloszlását, ill. modelleztük ennek kialakulását a vízmozgás hatására. Ez a szelvény a Tiszakécske—Kisújszállás—Debrecen—Nyírlugos pontok között húzódik. A vízáramlás fő iránya itt a magas Nyírség felől a mélyebb Tisza-vidék felé mutat. A legfelső (kvarter, levantei, felső pannon) rétegek elhelyezkedésének figyelembevételével, jó permeabilitás értékek megválasztásával sikerült rekonstruálni a vízmozgáson túl a héliumoszlást is. (Az eredmények megtalálhatók a Magyar Geofizika 35. évfolyamának 71—81. oldalain.) Megjegyezzük még, hogy befejezés előtt áll e munkánk kiterjesztése is abban az értelemben, hogy a szelvény mentén mért víznyomásokból és héliumkoncentrációkból statisztikus inverzióval határozzuk meg magát a permeabilitáseloszlást.

A konvekció jelentkezése bonyolulttá teszi az áramlási képet — ez önmagában is rengeteg kérdést vet fel, és sok-sok numerikus modellkísérletet kíván. A tiszta konvekció háromdimenziós térbeli formái közül elsősorban a felszínen nyitott, homogénnek tekintett, de anizotrop víztartó réteg konvektív szerkezeteit vizsgáltuk, pl. ezeknek a formáknak a stabilitási tartományait, az időfüggés kialakulását a Rayleigh-szám növelése esetén. (Az eredményeket közli az Acta Geod. Geoph. Hung. 29, 1994, 209—220.) Ám a nyitott réteg felszínén általában a piezometrikus szintnek lejtése van (az Alföldön ez nagyon fontos tényező), ezért a legnagyobb figyelmet az ebből származó hidraulikus cirkuláció, valamint a szabad konvekció kölcsönhatásának szenteltük, izotrop és anizotrop esetekre egyaránt (legfeljebb 100-as anizotrópia faktorig). Az áramlás szerkezetét itt a felszínen előírt hidraulikus gradiens, ill. a Rayleigh-szám viszonya határozza meg. Az előbbit az egyszerűség kedvéért konstansnak vettük a beszivárgási, ill. kifolyási zóna vízvásztó vonalai

között. Az egyes áramlási formák csoportosításához tekintsünk egy rögzített Rayleigh-számot, olyat, amelynél a szabad konvekciónak stabil háromdimenziós formái vannak (pl. négyzetcellák). Ha a hidraulikus gradiens nagy, akkor csak a regionális áramlás jelentkezik az előírt hidraulikus lejtő irányában. Ez stacionárius megoldás. Ha az anizotrópia viszonylag kicsi (kb. 10 alatti), akkor a hidraulikus gradiens csökkentésével egy olyan tartományba jutunk, ahol lokális konvektív örvények tevődnek rá a regionális cirkulációra, s ezek „kétdimenziósak” maradnak. Az örvények együtt mozognak a regionális áramlással. Tovább csökkentve a hidraulikus gradienst most már igazi háromdimenziós szerkezeteket kapunk, olyanokat tehát, amelyeket a kétdimenziós számítások eleve kizárnak a lehetséges megoldások közül. Először olyan cellák jelennek meg, amelyek csak kevéssé térnek el a kétdimenziós konvektív hengeráramoktól — csak hogy most e hengerek tengelye párhuzamos a lejtő irányával! (Ez a forma fontos meteorológiai analógiákhoz társítható, azokkal rokon szerkezet. Ilyen valósul meg a légkörben regionális szélrendszer és lokális konvektív instabilitás együttes jelentkezésekor.) Még tovább lépve a hidraulikus lejtő csökkentésében, az áramlás szerkezete bonyolult, időfüggő lesz: folyton változó poligonális cellák alkotják. Végül, ha a hidraulikus gradiens nulla, visszakapjuk a szabad konvekcióra vonatkozó megoldásokat.

Numerikus kísérleteinkben meghatároztuk a felsorolt szerkezetek helyét a hidraulikus gradiens és a Rayleigh-szám alkotta paramétertérben, az anizotrópia faktor 1—100 értékeinél. Az eredmények diagramokon jeleníthetők meg, melyeken kijelöltük azokat a határvonalakat, amelyek elválasztják a fenti alaptípusok tartományait (megjelenőben a Geophys. Journal International-ben).



# Vízkutató fúrásokban mért régi karotázs szelvények minőségellenőrzött kiértékelése 1992—1994

DRAHOS DEZSŐ<sup>1</sup> (témavezető), CSEREPES LÁSZLÓ<sup>1</sup>, SALÁT PÉTER<sup>1</sup>

D. DRAHOS, L. CSEREPES, P. SALÁT: Quality controlled log evaluation of old water well logs

OTKA nyilvántartási szám: T 4236

A geofizikai és vízügyi adattárakban nagy számban található évekkel vagy évtizedekkel korábban mélyített kutak karotázs szelvényei. A régi szelvény komplexumok természetes potenciál mérésből, fajlagos ellenállás mérésekből (rövid normál, hosszú normál és gradiens) és természetes gamma aktivitás mérésből álltak. Ezekhez járultak később az általában nem hitelesített gamma-gamma és neutron-gamma szelvények. A korabeli szelvénykiértékelés többnyire csak a víztároló rétegek kijelölésére szorítkozott, és ritkán volt lehetőség a porozitás és agyagtartalom számszerű meghatározására.

Fölvetődött a kérdés, hogy lehet-e a régi szelvénykombinációkra alkalmazni az újabban kidolgozott minőségellenőrzött szelvénykiértékelési módszereket, és kaphatunk-e a hidrológia és hidrogeológia számára újabb ismereteket.

A szelvények minőségellenőrzött kiértékelésére a súlyozott legkisebb négyzetek módszerét alkalmaztuk. Ennek bemeneti adatai: a mért szelvények és a mért szelvények szórásai. A szelvények szórásai általában valamivel nagyobbak a szénhidrogén karotázsban alkalmazottaknál, amelynek oka, hogy a régi szelvények megbízhatósága — különösen a nem kalibrált nukleáris szelvényeké — kisebb, mint a mai modern szelvényeké.

Szintetikus szimulált mérési eredmények alapján a laza törmelékes üledék modelljét az alábbi három komponensből összetettnek feltételezzük:

- finomszemcséjű frakció: SHALE (agyag és kőzetliszt együttese),
- durvaszemcséjű frakció: MATRIX (finom és durva homok, kavics együttese) és
- porozitás: POROSITY (a mozgásképes víz).

Az anyagmérleg egyenlet miatt a három komponens valójában két ismeretlent jelent, és így a minőségellenőrzéshez szükséges túlhatározottság már a leggyakrabban mért három szelvény (SP, R és GR) esetén is fennáll.

A kiértékelés első lépése a mért szelvények alapján történő rétegekre bontás és a jellemző rétegértékek megadása. A rétegekre bontás általában az SP és a fajlagos ellenállás szelvények alapján történik. Ha több fajlagos ellenállás szelvény áll rendelkezésre, akkor minőségellenőrzött lyukhatás korrekciót végezhetünk, amelynek eredménye az RT szelvény.

A formáció kiértékelés bemenő szelvényei az RT mellett az SP és a GR szelvények. A kiértékelés eredményei a porozitás, az agyagtartalom és a homok mennyiségének becslései és ezek szórásai. A szórások mellett a kiértékelés minőségét jellemzi még a mért és elméleti szelvénytárcák közelsége, valamint az inkoherencia szelvény.

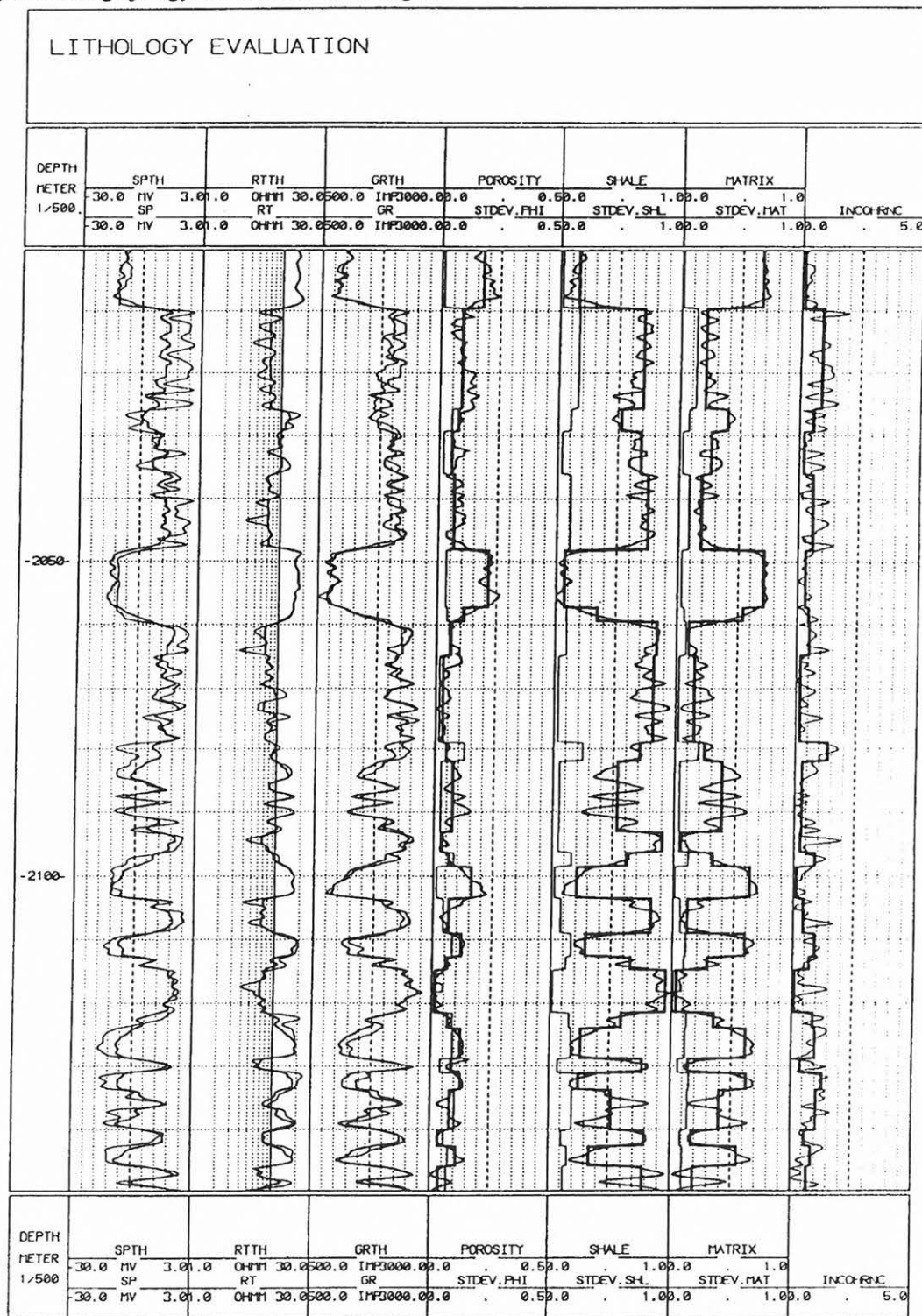
A zónaparaméterek és konstansok értékeinek pontosítására optimalizációs eljárást dolgoztunk ki. Az eljárás egy kijelölt intervallumra ismeretlennek tekint az ott állandó zónaparaméterek közül néhányat, és ezek függvényében minimalizálja az intervallumra összegezett legkisebb négyzetes célfüggvényt. Az eljárás kalibrációs konstansok optimalizációjára is alkalmazható.

A permeabilitás meghatározására csak empirikus vagy félempirikus formulák állnak rendelkezésre.

<sup>1</sup>ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

Az irodalomban található számos ilyen formula közül hármat választottunk ki, amelyek a porozitás, az agyagtartalom, illetve a fajlagos ellenállás alapján számítják a permeabilitást. A háromféle permeabilitás súlyozott átlaga jó egyezést mutat a kútvizsgálá-

tok eredményeivel. Az egyes permeabilitás értékek közötti eltérés indikálja az eredmény minőségét. A számításokat a rétegzett formáció kiértékelés eredményei alapján végeztük.

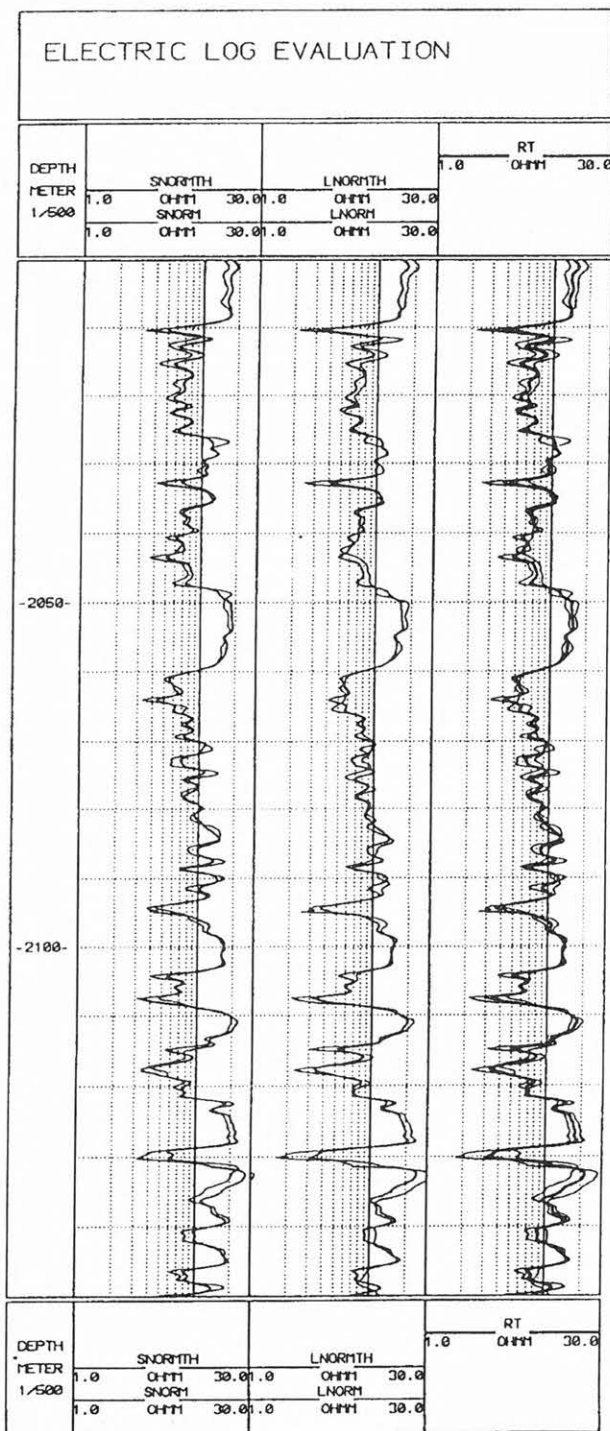


1. ábra. Litológiai összetétel meghatározás SP, RT és GR bemeneti görbékből. Az első három oszlopban láthatók a mért és a pontonkénti kiértékelés illesztett elméleti görbéi. A következő három oszlop tartalmazza az eredményeket: a porozitás becslését, az agyagtartalom és a homok mennyiségének becslését. A rétegenkénti és a mélységpontonkénti becsléseket együtt ábrázoltuk. A becslések szórásai közül csak a rétegenkéntieket tüntettük fel. Az utolsó oszlopban található a redukált inkoherencia

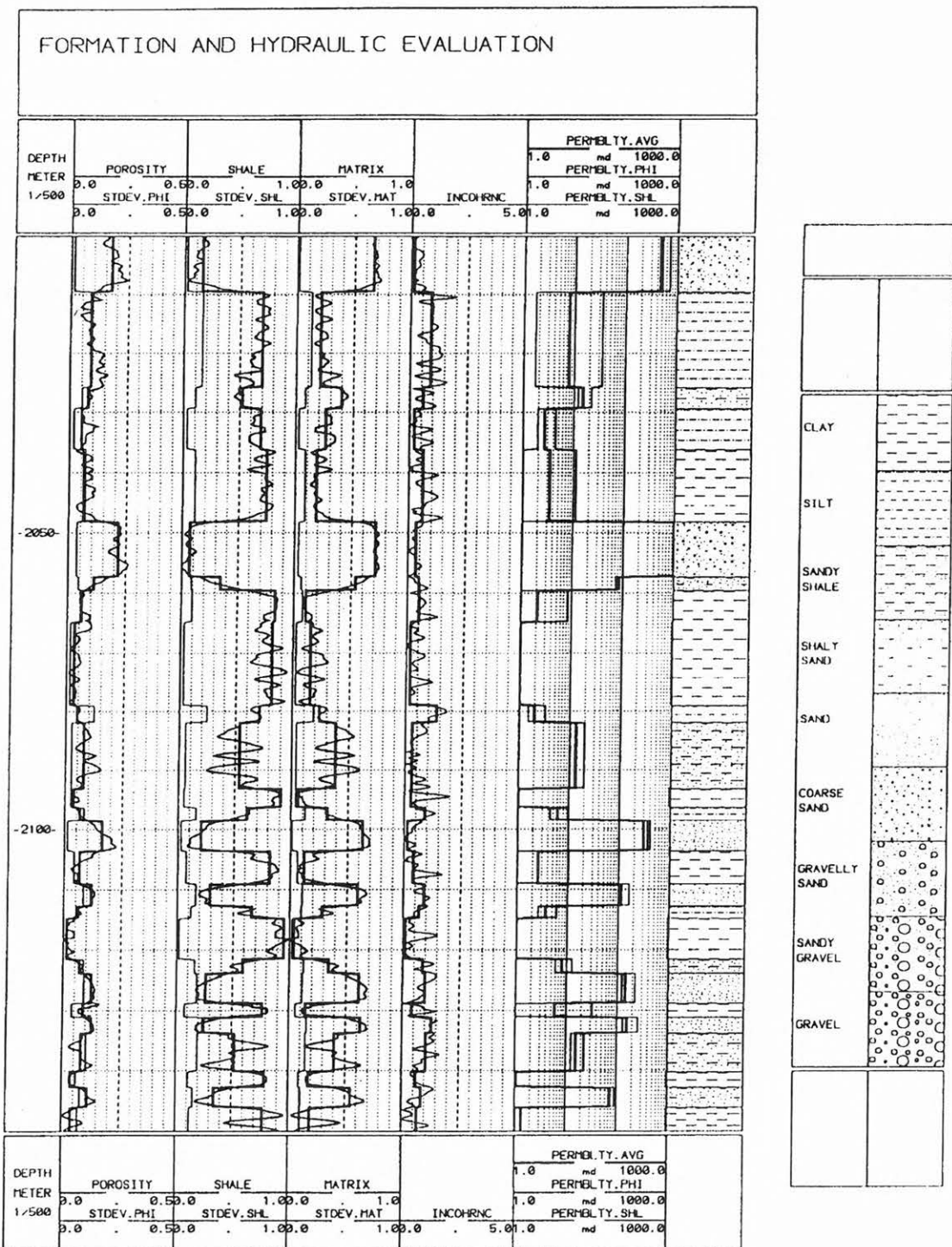
A kiválasztott rétegeket litológiai osztályokba soroltuk a kőzet ásványi összetételét tükröző agyag/homok arány alapján és az átlagos szemcseméret eloszlást jellemző permeabilitás alapján. Kilenc li-

tológiai osztályt definiáltunk az agyagtól a kavicsig.

Az eljárást közvetlen fúrési adatokkal (magminta és furadék) történt korreláció segítségével kalibráltuk.



2. ábra. Fajlagos ellenállás kiértékelés mélységpontonként. A modell elárasztott zónát nem tartalmazó, vertikálisan végtelen vastag réteg. A kiértékelés a rövid és hosszú normál ellenállás szelvények, valamint a lyukátmérő és iszap fajlagos ellenállás alapján történt. A baloldali oszlopban a mért SNORM és a hozzá illesztett SNORMTH szelvény látható. A következő oszlop az LNORM és LNORMTH szelvényeket tartalmazza. A harmadik oszlop a lyukhatásra korrigált RT fajlagos ellenállás szelvényt mutatja együtt a szórásból képzett alsó-felső hiba görbékkel



3. ábra. Permeabilitás meghatározás és litológiai osztályozás. Az első négy oszlopban az előző ábra eredményeit ismételtük meg. Az 5. oszlop tartalmazza a porozitásból és agyagtartalomtól meghatározott PERMBLTY.PHI, illetve PERMBLTHY.SHL permeabilitást. PRMBLTY.AVG jelöli az átlagos permeabilitást. Az értékek mdarcy egységben adottak. A 6. oszlop tartalmazza a litológiai osztályozás eredményeit

# *A Pannon-medence regionális mágneses anomáliái a MAGSAT mérései alapján*

KIS KÁROLY<sup>1</sup> (témavezető), WITTMANN GÉZA<sup>2</sup>

K. KIS, G. WITTMANN: Regional magnetic anomalies of the Pannonian Basin derived from the magnetic measurements of the MAGSAT

OTKA nyilvántartási szám: I/4 T 4377

A földi mágneses tér globális analízise az egész Földre kiterjedő és közel azonos időben mért adatok felhasználását igényli. Ilyen követelményű elvárásnak többek között a mesterséges holdak mágneses mérései tesznek eleget. Ebből a célból bocsátották Föld körüli pályára a Kosmosz-26 és -49, az OGO-1, -2, -3, -4, -5 és -6, továbbá a MAGSAT mesterséges holdakat.

A pályázat keretében a MAGSAT mesterséges hold által mért, az európai régióra vonatkozó mágneses mérések kerültek feldolgozásra. A MAGSAT mérési adatait a NASA-tól megrendelt mágnesszalag tartalmazta. A mágnesszalag 8,5 Megabyte terjedelmű adatmennyiséget tartalmazott.

Amennyiben az adatokat a földkéregből származó mágneses anomáliák vizsgálatára kívánjuk felhasználni, akkor az adatokat szelektálni, illetve korrigálni kell.

Az európai régióban rendelkezésre álló 69 570 mérési adat feldolgozásának lépései:

- az adatok szelektálása  $K_p$ -index alapján (azok az adatok kerültek további feldolgozásra, amelyekre vonatkozó  $K_p$ -index értéke kisebb-egyenlő mint  $2_+$ ; ez a követelmény 43 536 adat esetében teljesült),
- a földmagból származó mágneses tér eliminációja a földi mágneses tér spektrális analízise alapján,
- a gyűrűáram és magnetoszférikus áramok, továbbá az indukált áramok hatásának korrekciója,

— a szelektált és korrigált adatok interpolációja 6770 km sugarú gömb felszínére,  $0,2^\circ \times 0,2^\circ$  méretű hálózatba, szélességben  $35^\circ$ – $65^\circ$ , hosszúságban  $-12^\circ$ – $30^\circ$  intervallumban (az interpoláció súlyfüggvénye a Gauss-féle felülvágó szűrő volt).

Az interpolált adatok szolgáltatták a további számítások bemenő adatait. Az 1. ábrán a 6770 km sugarú gömb felületére interpolált mágneses tér vertikális összetevőjének anomália-térképe látható.

A továbbiakban elvégzett vizsgálatok lényegesen meghaladták az eredeti célkitűzést. Az adatok kiterjedése lehetővé tette az európai régióra vonatkozóan az ekvivalens mágneses réteg dipólus-momentumának meghatározását (2. ábra) és a mágneses tér analitikai lefelé folytatását (3. ábra).

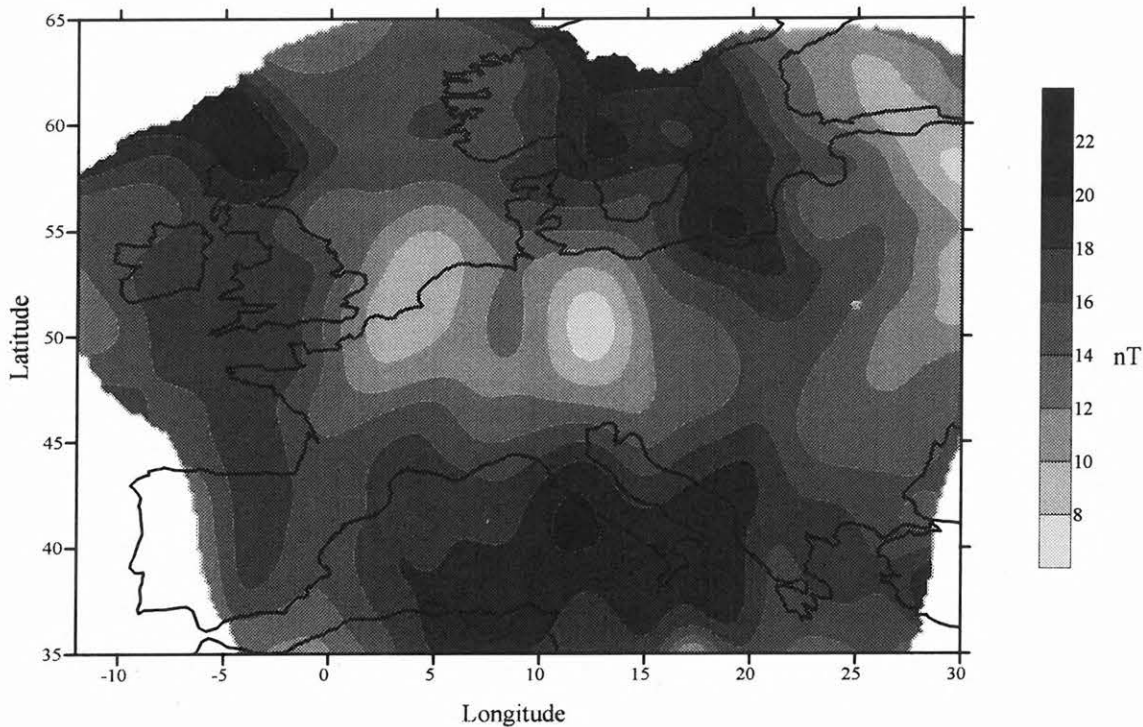
Az elvégzett vizsgálatokat ismertető publikációk:  
KIS K., PUSZTA S., WITTMANN G. 1993: A MAGSAT mesterséges hold mágneses méréseinek feldolgozása I. Magyar Geofizika **34**, 220–225

KIS K., WITTMANN G. 1995: A MAGSAT mesterséges hold mágneses méréseinek feldolgozása II., a mérési adatok interpolációja. Magyar Geofizika **36**, 140–145

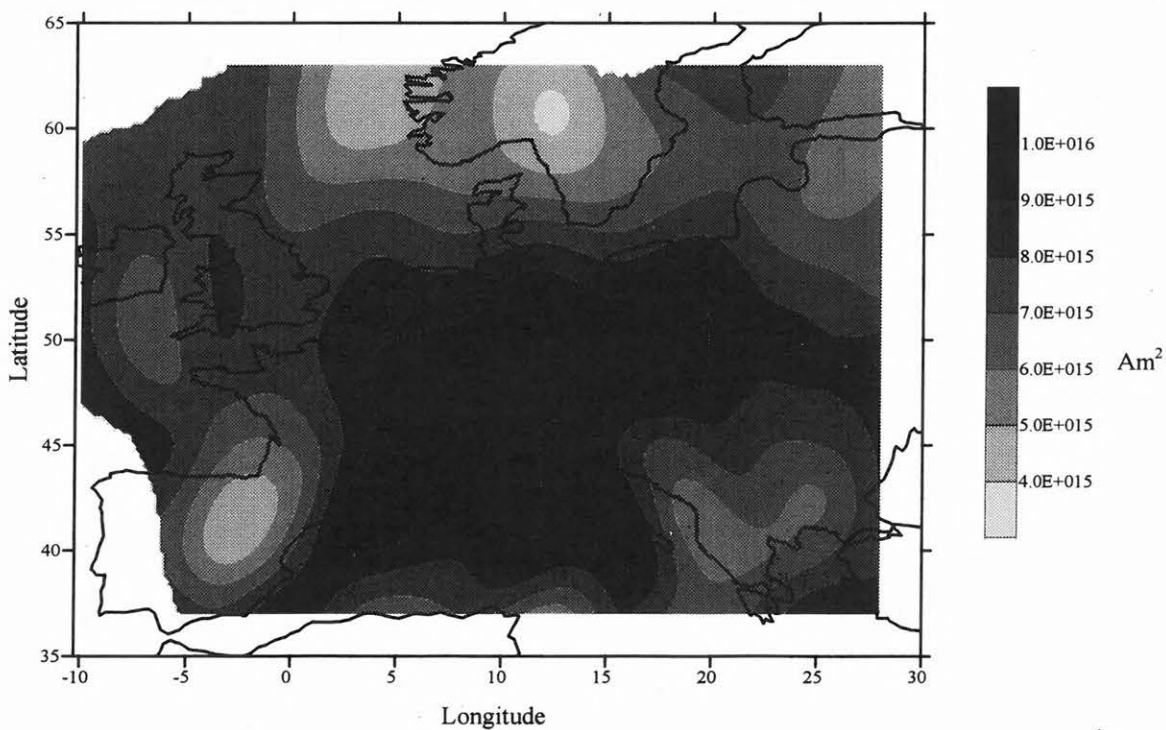
WITTMANN G., KIS K. 1995: A MAGSAT mesterséges hold mágneses méréseinek feldolgozása III., az ekvivalens mágneses réteg eloszlása az európai régióban. Magyar Geofizika **36**, 192–197

<sup>1</sup>ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

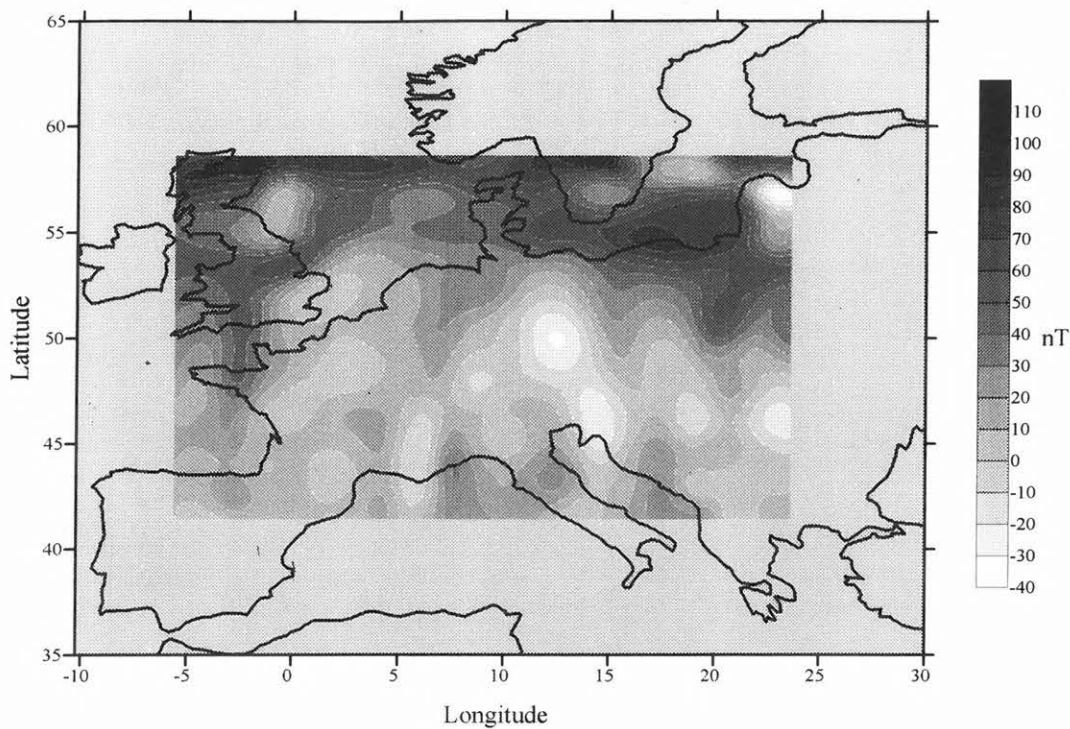
<sup>2</sup>MOL Rt. Kutatás-Művelési Mérnöki Iroda, H-1039 Budapest, Batthyány u. 45.



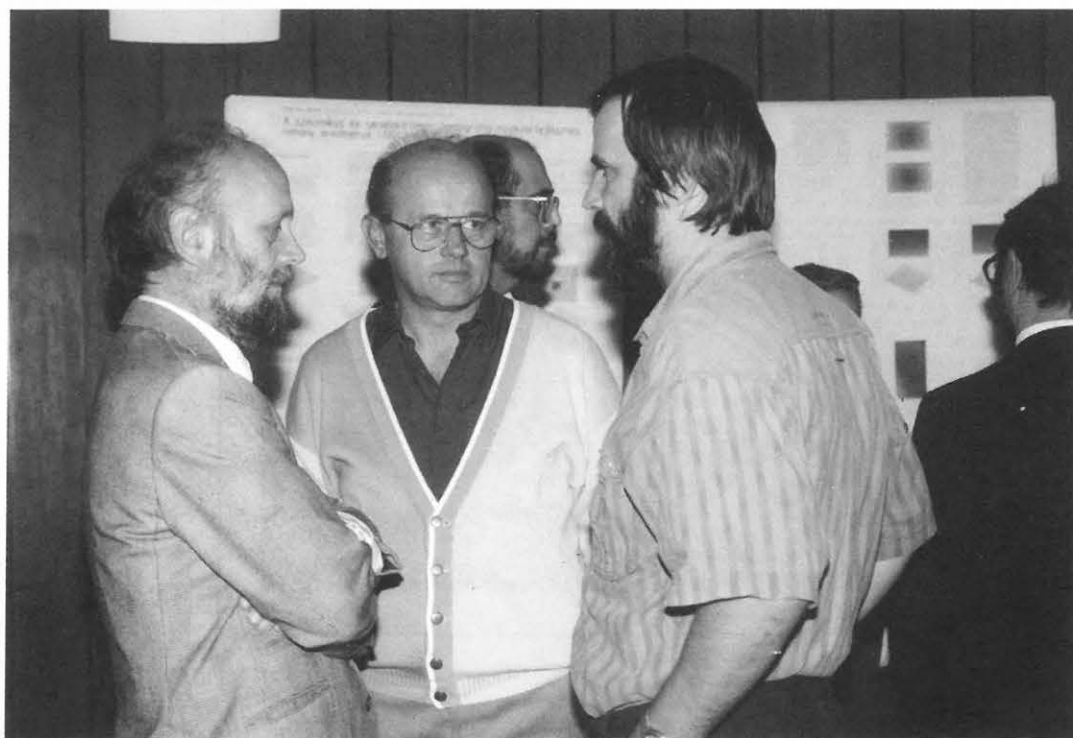
1. ábra. A 6770 km sugarú gömb felszínére interpolált mágneses anomália tér z-komponense



2. ábra. A mágneses ekvivalens réteg dipólus-momentumának eloszlása a Föld felszínén



3. ábra. A totális mágneses anomália térnek a Föld felszínére történt lefelé folytatása



# *Belső-kárpáti tektonikai egységek harmadkori mozgástörténetének kutatása paleomágneses és egyéb módszerekkel*

MÁRTON PÉTER<sup>1</sup> (témavezető), MÁRTONNÉ SZALAY EMŐKE<sup>2</sup>

P. MÁRTON, E. MÁRTON: Paleomagnetic and other studies of the Tertiary movements of some tectonic units of the Inner West Carpathians

OTKA nyilvántartási szám: 2128/342 1113

## **Bevezetés**

Korábbi paleomágneses eredmények É-Magyarország (a Középhegység és É-i előtere) kétfázisú tektonikai mozgását jelezték a harmadkor folyamán. Ezekre az eredményekre alapozva további paleomágneses vizsgálatokat végeztünk a harmadkori mozgások által érintett terület behatárolása, illetve a tektonikai események idejének megállapítása céljából.

Kutatásaink szervesen illeszkedtek a több évtizede folyó rendszeres paleomágneses vizsgálatok sorozatába, amelyek az ország különböző földtani egységeiben fellelhető képződményekkel (kőzetekkel) foglalkoztak.

A paleomágneses mérés elsődlegesen a földi mágneses tér megismerésének az eszköze, hiszen a kőzetek primer, a keletkezéssel egykorú mágnesezettsége a lokálisan ható egykori földmágneses tér irányával párhuzamos. Ugyanakkor ez a mágnesezettség — miután a kőzethez képest rögzített — a tektonikai mozgások hatására irányváltozást szenved és így módon a mozgás indikátoraként használható. Az elv alkalmazása kontinentális méretekben a kontinensvándorlás elméletének igazolásához vezetett és a később kifejlesztett globális tektonikai elmélet egyik szilárd bázisát képezte.

A paleomágnesség regionális tektonikai felhasználása, a paleomágneses irányt jellemző két szögadat, a deklináció és az inklináció értelmezésén

alapul. A deklináció ( $D^\circ$ ) a földtani egységnek a tektonikai mozgások eredményeképpen előálló azimutális orientációját adja meg, az inklináció ( $I^\circ$ ) viszont az eredeti — a tektonikai mozgások előtti helyzetre vonatkozó — paleoszélesség indikátora.

## **A módszer**

A paleomágneses vizsgálat három fő fázisból áll. Az első a mintagyűjtés, ami földtani információszerzéssel kezdődik, terepbejárással folytatódik, és mintavétellel záródik. Kizárólag helyben maradt, üde és erre a vizsgálatra alkalmasnak ítélt kőzeteket célszerű gyűjteni. A mágneses vagy naptájolással irányított kőzetminták kivétele legtöbbször vízöblítéses magfúrással történik, de a kézipéldányos mintázást is alkalmazzuk.

A második fázist a laboratóriumi vizsgálatok képezik, amelyeken belül első a kőzet előkészítése, a mérésekhez szükséges alkalmas méretű minták előállítása. A mérésekhez nagy érzékenységgű magnetométerek és kétféle (váltóterű és termikus) lemágnesező berendezés áll rendelkezésünkre. A mérési eljárás az ún. lépésenkénti, inkrementális lemágnesezés, amelynek minden egyes mintát alávétünk a mágnesezettség összetevőinek elkülönítése és azonosítása céljából. Termikus lemágnesezéskor a mágneses ásványtani változásokat szuszceptibilitásméréssel figyeljük. A mágnesezettséget hordozó ásványok azonosítását IRM (izotermikus remanens mágnesezettség) analízissel, esetenként Curie-hőmérséklet méréssel végezzük. A mágneses szövet vizsgálatára mágneses anizotrópia mérések szolgálnak.

<sup>1</sup>ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

<sup>2</sup>Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

A harmadik fázis a vizsgálati anyag értelmezése, amelynek első lépései a mágnesezettség primer (közettel egyidős) komponensének azonosítása, az általa reprezentált irány ( $D^\circ, I^\circ$ ) és a statisztikai paraméterek (a  $k$  pontosság és a 95%-os konfidenciasugár,  $\alpha_{95}^\circ$ ) kiszámítása és a tektonikai korrekciók elvégzése. A további értelmezés során a mágneses adatok tér- és időbeli konzisztenciáját vizsgáljuk és következtetéseket vonunk le az érintett területek tektonikai mozgástörténetére vonatkozóan.

A kutatás során nyert paleomágneses eredményeket hasznosan egészítik ki a területen már korábban lefolytatott, valamint az e munka keretében elvégzett mikrotektonikai mérések eredményei. A mikrotektonikai megfigyelések a paleofeszültségek meghatározására irányulnak és ezek változásairól tanúskodnak [FODOR L.].

A tektonikai események időbeli rögzítése miatt célszerűnek látszott bizonyos vulkáni (magmás) szintek korának pontosítása, amelyre a K/Ar módszerű keltezés kínálkozott. Ezt előkészítendő, húsz magmás képződményből készült vékonycsiszolatokra alapozott ásványtani vizsgálat, elsősorban a biotit és az amfibol mennyiségének, állapotának és dúsíthatóságának megállapítására [DUNKL I.].

A címben megfogalmazott feladat megoldásához mintegy 70 új mintavételi helyről gyűjtöttünk paleomágneses mintákat. Az új mintavételi helyeknek 30%-a az Északi-középhegység területére, 10%-a a Dunakanyar környékére, további 10%-a Szlovénia, a maradék 50% pedig Szlovákia területére esik. A sikeres, tehát eredményt adó mintavételi helyek száma az összesnek mintegy 60%-a, ami annak köszönhető, hogy a mintavételt — a korábbiaktól eltérően, amikor zömmel intruzív és effuzív magmás kőzeteket vizsgáltunk — most üledékes kőzetekre koncentráltuk, amelyek nagy százaléka, legalábbis a vizsgált területen és korban, nem hordoz paleomágneses információt. Noha ezt már korábban is tapasztaltuk, mégis kénytelenek voltunk az üledékes kőzetekkel tovább kísérletezni, mert ha van eredeti mágnesezettségük, akkor az jobban reprezentálja a paleomágneses teret, mint a viszonylag rövid, esetleg „pillanatnyi” mágnesezésnek kitett pl. vulkáni kőzet. Egy másik előny, hogy az üledékes kőzetek tektonikai helyzete gyakorlatilag minden esetben kimérhető a terepen, míg a magmás kőzetek esetén ritkán, tehát a tektonikai korrekció az utóbbiaknál problematikus lehet. Esetünkben a megoldást részben regionális tektonikai megfontolással kerestük (pl. a Mátra hegységben), részben mágneses anizotropia mérést alkalmaztunk a magmás test egykori vízszintes helyzetének meghatározására.

Az I. táblázat az Északi-középhegységből és annak északi előteréből kapott új adatokat foglalja össze. A megfelelő mintavételi helyek az I. ábrán azonosíthatók. Az 1. ábra azonban az összes, középső miocénnél idősebb harmadkorú mintavételi helyet feltünteti és része annak a tanulmánynak, amely összefoglalóan számol be az OTKA támogatással É-Magyarországon elért eredményekről. Ezek lényege, hogy az adott terület az alsó miocénben egy korábbi nagyobb és későbbi kisebb Ny-i irányú tektonikai rotációt szenvedett. Az első rotációval egy É-i irányú mozgás is társult. A tektonikai mozgások a fő andezitvulkánosság kezdetére befejeződtek [MÁRTON, MÁRTON 1996].

A II. táblázat a Szlovákiában és a Dunántúli-középhegység északi részén kapott új eredményeket foglalja össze. A megfelelő mintavételi helyeket a 2. ábra mutatja. Ezek a vizsgálatok megmutatták, hogy a nyugati tektonikai rotációk az összes érintett területre jellemzőek, a Kis-Kárpátoktól kezdve a Magyar Paleogén medence szlovákiai részén át, fel egészen a Belső-kárpáti Paleogén medencéig [MÁRTON E. et al. 1992].

A III. táblázat adatai Szlovéniából, a 3. ábrán bejelölt mintavételi helyekről származnak. A megfelelő képződményeket helvétai korúnak térképezték. A tektonikai rotáció értelme itt is nyugati, mértéke átlagban 40–50°. Ezt egyelőre csupán regisztráljuk, az értelmezéshez további vizsgálatok szükségesek.

## Konklúziók

A kettős tektonikai rotáció (mindkettő az óramutató járásával ellentétes) több észak-pannon és belső-kárpáti tektonikai egységen kimutatható (Buda-, Bükk-, Vepor- és Gömör-egységek). Valószínűsíthető, hogy a mozgásban az összes belső-kárpáti tektonikai egység részt vett.

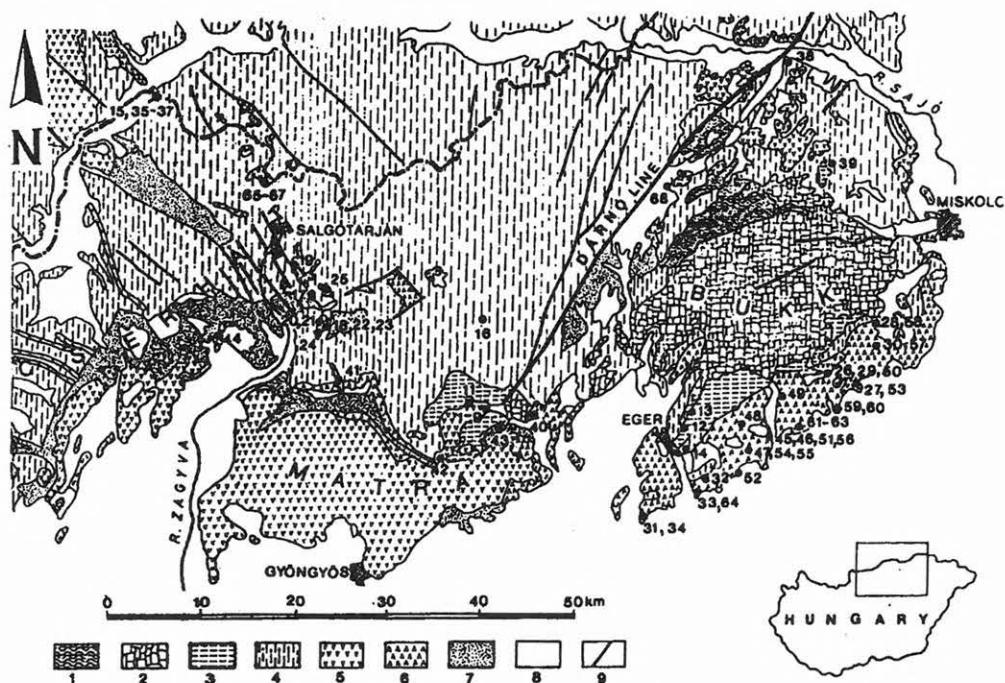
Az első rotáció (kb. 50°) ottngangi korú, a második a kárpáti-bádeni határnál fiatalabb, de idősebb, mint a középső-bádeni. A mindkét, illetve csak a második rotációban részt vevő magmás kőzetek K/Ar izotóp korai lényegében nem különböznek (16,8–17,6 millió év).

A rotációk valószínűleg mindkét fázisban főként mikrolemes, illetve alárendelten lemezen belüli blokkmozgások között oszlanak meg.

A feszültségtér valóságos iránya egyforma a felső oligocénben (uralkodóan K–Ny-i irányú extenzió) és kissé módosul a felső miocénben (KDK–NyÉNy-i irányú extenzió) [MÁRTON, FODOR 1995].

Mintavételi hely	Kőzet	N/N <sub>0</sub>	D°	I°	k	α <sub>95</sub> °
<b>felső eocén</b>						
Recsk -700 (6)	átmágnesezett triász mészkő	12/19	111	-55	190	3.2
Recsk, Nagykő (9)	andezit	10/10	104	-39	37	8.1
Recsk, Lahóca-É (7)	augit andezit	9/9	122	-52	104	5.1
<b>alsó miocén, eggenburgi emelet</b>						
Ipolytarnóc (15)	glauk. h. kő	13/23	255	51	46	10.0
Pétervására (16)	bentonit	18/26	123	-54	95	3.6
Kazár (17)	tarka agyag	11/13	117	-35	31	8.1
Nemti (18)	tarka agyag	6/11	151	-46	28	12.9
Zagyvapálfalva (19)	tarka agyag	7/9	284	43	43	9.3
<b>alsó miocén, ottngangi emelet</b>						
Nemti (22)	ignimbit	11/12	83	-53	57	6.1
Nemti (23)	riolittufa	7/8	60	-35	35	10.3
Ostoros (32)	riolittufa	6/6	119	-45	193	4.8
Eger-Andornaktálya (33)	riolittufa	5/5	115	-55	86	8.3
Mátra-hg (42) Ördögátak	riolittufa	9/12	314	48	39	8.4
Mátra-hg (43) Miklós-völgy	riolittufa	14/14	328	62	64	5.0
Varbó (39)	aleurit	5/8	308	60	14	21.0
<b>alsó miocén, kárpáti emelet</b>						
Sámsonháza (44)	aleurit	9/9	321	60	36	9.0
<b>alsó miocén, kárpáti (?) emelet</b>						
Bogács-É (45)	ignimbit	10/12	156	-26	676	1.9
Bogács-ÉNy (46)	ignimbit	14/14	151	-26	187	2.9
Szomolya-III. (47)	ignimbit	6/6	154	-24	168	5.2
Noszvay-Szomolya (48)	ignimbit	12/12	159	-30	222	3.2
Cserépfalu (49)	ignimbit	6/6	164	-26	396	3.4
Kács-III. (50)	ignimbit	4/5	155	-38	168	7.1

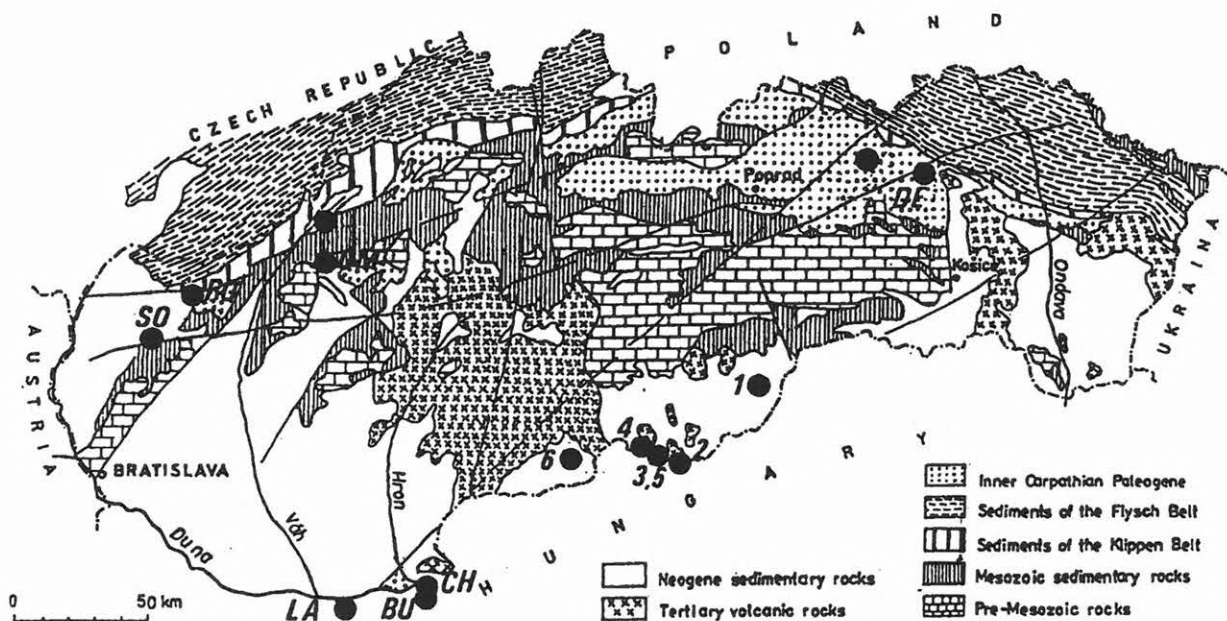
I. táblázat. Paleomágneses adatok az Északi-középhegységből. N/N<sub>0</sub>: hasznos minták száma/gyűjtött minták száma



I. ábra. Paleomágneses mintavételi helyek É-Magyarországon. A I. táblázatban szereplő paleomágneses mintavételi helyek a számozás alapján azonosíthatók. Jelmagyarázat: 1—paleozoós kőzetek; 2—mezozoós kőzetek; 3—eocén-oligocén üledékes kőzetek; 4—alsó miocén üledékes kőzetek; 5—felső eocén andezitek az É-i Mátrában, valamint miocén andezitek és tufák másutt; 6—miocén riolitok, dácitok, tufák és ignimbitreik; 7—kárpáti üledékek; 8—felső miocén és fiatalabb üledékek; 9—törésvonalak

Mintavételi hely (kód)	Kőzet	N/N <sub>0</sub>	D°	I°	k	α <sub>95</sub> °
<b>eoécén</b>						
Sološnica (SO) (Ny-Szlovákia)	mészkö	11/15	106	-66	13	13.0
Roh-Motel (RM) (Ny-Szlovákia)	finomszemű homokkő	6/6	250	21	29	13.0
Lábatlan (LA) (Gerecse-hg)	édesvízi mészkö	23/30	295	48	75	9.0
Omastina (OM) (Ny-Szlovákia)	flis	10/25	83	-28	24	10.0
Demjata (DE) (K-Szlovákia)	flis	9/13	75	-54	9	19.0
<b>oligocén</b>						
Esztergom (BU) Basa-u	márga	10/10	315	49	44	7.0
Esztergom (CH) Várhegy	finomszemű homokkő	9/25	113	-33	24	11.0
<b>alsó-oligocén egri emelet</b>						
Tornalja (1)	aleurit	10/22	304	33	10	16.0
<b>alsó-miocén, eggenburgi emelet</b>						
Čakanovce (5)	riolittufa	7/16	114	-51	16	15.0
Čakanovce (3)	finomszemű homokkő	7/8	115	-49	21	14.0
Lipovany (4)	ignimbrit	13/14	86	-62	52	6.0
Tachty	homokkő	3/10	292	32	62	12.0
<b>alsó miocén, ottngangi emelet</b>						
Velké Straciny (6)	finomszemű homokkő	11/15	298	40	16	12.0

II. táblázat. Paleomágneses adatok a Dunántúli-középhegység É-i részéből és Szlovákiából

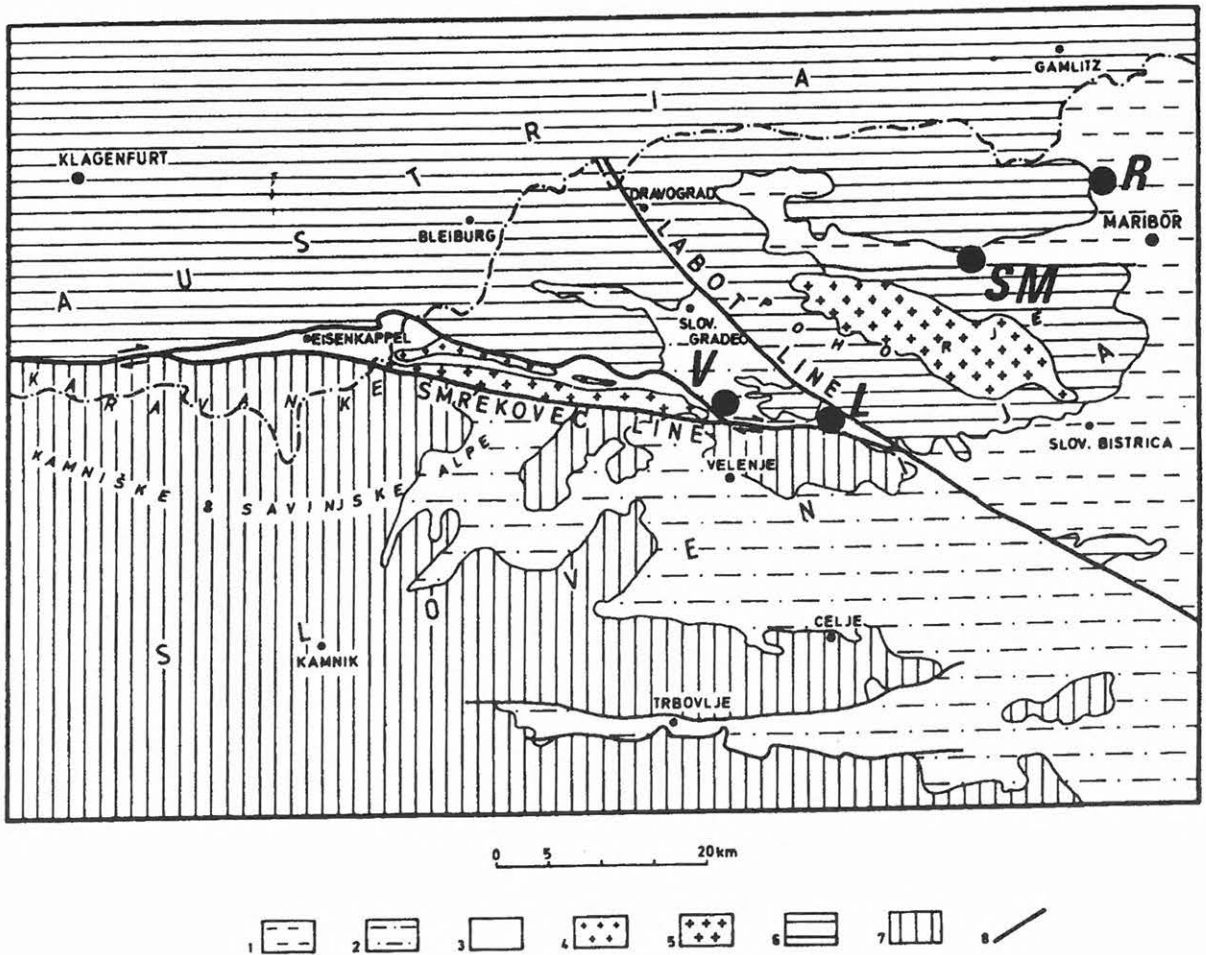


2. ábra. Paleomágneses mintavételi helyek Szlovákiában (vö. II. táblázat)

Mintavételi hely	Kőzet	N/N <sub>0</sub>	D°	I°	k	α <sub>95</sub> °
<b>alsó-miocén, helvét (ottnangi-kárpáti) emelet</b>						
Rospoh-I. (R) (Mura-medence)	márga	5/5	142	-59	113	7.0
Rospoh-II. (R) (Mura-medence)	márga	12/12	150	-70	131	4.0
Lovrenc na * (L) Pohorju (Pohorje)	márga	6/8	127	-39	15	18.0
Velunja-I. * (V) (Pohorjétől Ny-ra)	homokos márga	6/10	148	-47	31	13.0
Velunja-II. * (V) (Pohorjétől Ny-ra)	homokos márga	7/10	125	-52	9	20.0
Sv. Marijeta * (SM) (Pohorjétől Ny-ra)	sötétszürke folyami homokkő	4/7	124	-57	13	31.0

\* poszt-tektonikus, ősi mágnesezettség

III. táblázat. Paleomágneses adatok Szlovéniából az ausztró-alpi tektonosztratigráfiai egységből, a Periadriai vonaltól É-ra



3. ábra. Paleomágneses mintavételi helyek Szlovéniában (vö. III. táblázat). Jelmagyarázat: 1—miocén-kvarter üledékes kőzetek; 2—oligocén-kvarter üledékes kőzetek + andezitek; 3—periadriai zóna; 4—perm-triász granitoidok; 5—paleogén tonalitok; 6—Keleti Alpok; 7—Déli Alpok és Dinaridák; 8—fő törésvonalak

## HIVATKOZÁSOK

- MÁRTON E., MÁRTON P. 1996: Large scale rotations in North Hungary during the Neogene as indicated by palaeomagnetic data. *In: MORRIS A., TARLING D. H. (Eds) Palaeomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region. Geological Society Special Publications* **105**, 153–173
- MÁRTON E., FODOR L. 1995: Combination of paleomagnetic and stress data — a case study from North Hungary. *Tectonophysics* **242**, 99–114

- KOVAČ M., KRÁL J., MÁRTON E., PLASIENKA D., UHER P. 1994: Alpine uplift history of the Central Western Carpathians: geochronological, paleomagnetic, sedimentary and structural data. *Geologica Carpathica* **45/2**, 83–96
- MÁRTON E., PAGAC P., TÚNYI I. 1992: Paleomagnetic investigations on late Cretaceous-Cenozoic sediments from the NW part of the Pannonian Basin. *Geologica Carpathica* **43/6**, 363–368



# Szeizmikus tomográfia

WÉBER ZOLTÁN<sup>1</sup> (témavezető), GYŐRI ERZSÉBET<sup>2</sup>

Z. WÉBER, E. GYŐRI: Seismic tomography

OTKA nyilvántartási szám: F 4237

## 1. Bevezetés

Az OTKA Iroda támogatásával az 1992–94 közötti időszakban a szeizmikus tomográfia köré csoportosuló problémák kutatásával foglalkoztunk. A tomográfias inverzió olyan esetekben alkalmazható, amikor a számítások alapjául szolgáló mérési adatok a meghatározni kívánt fizikai paraméter *vonalmeni integrálját* adják meg. Ebből adódóan a szeizmikus beérkezési időkből a hullám terjedési sebességét, míg a szeizmikus amplitúdó adatokból a csillapodási együttható térbeli eloszlását becsülhetjük meg.

Kitűzött célunk az volt, hogy kutatóhelyünkön megteremtjük az első beérkezési időkön alapuló szeizmikus tomográfiahoz szükséges hardver és szoftver feltételeket, áttekintjük a szakirodalomban fellelhető módszereket, vizsgáljuk azok fejlesztési lehetőségeit, illetve új eljárásokat dolgozzunk ki.

A szeizmikus tomográfia olyan, meglehetősen számításigényes iterációs módszer, amely — az első beérkezési idő meghatározása után — minden iterációs lépés alkalmával megold egy direkt feladatot (modellezés) és egy nagyméretű lineáris egyenletrendszert. Ezek a lépések valójában függetlenek egymástól, de a teljes eljárás hatékonysága és pontossága az ezen lépések végrehajtására használt algoritmusok függvénye. Emiatt kutatásaink során az egyes részfeladatok megoldását célzó eljárásokat külön-külön vizsgáltuk és értékeltük.

## 2. Az első beérkezési idő automatikus meghatározása

A sebességmeghatározás megbízhatósága az inverziót megvalósító algoritmus mellett az első beér-

kezési idő meghatározásának pontosságától függ. Az általunk kidolgozott eljárás a jól ismert kereszt-korrelációs módszeren alapul, melynél a kiértékelő geofizikus választja ki először egy kevésbé zajos csatornán a követni kívánt beérkezési időt. A módszer részletes leírása megtalálható GYŐRI [1994] tanulmányában.

A modellezett és mért VSP szelvényeken végzett számításaink alapján megbizonyosodtunk róla, hogy megfelelő paraméter-választás esetén, alacsony zajszint mellett a módszer pontosan kijelöli az első beérkezéseket, sőt más fázisok, például reflexiók követésére is alkalmas. A tisztán automatikus eljárásoktól eltérően az első hullámbeérkezések előtti zajok eloszlására nem érzékeny.

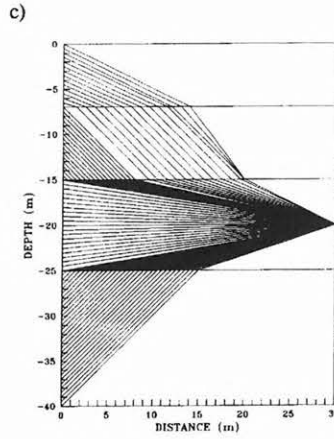
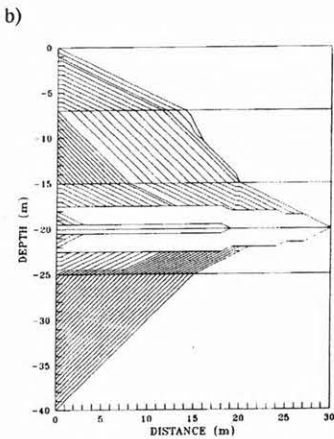
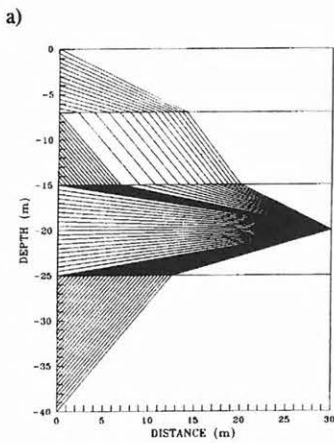
## 3. A direkt feladatot megoldó algoritmusok

A szeizmikus tomográfiai inverzió olyan iterációs eljárás, melynek során a direkt feladatot (modellezést) igen sokszor végre kell hajtunk. Az erre a célra alkalmazott algoritmus nagymértékben befolyásolja a teljes inverzió *sebességét, pontosságát és stabilitását*.

A sugártörést, diffrakciót, refrakciót is figyelembe vevő algoritmusok közül egy *dinamikus programozási* elven működő eljárást és egy megfelelően kialakított hálózaton belüli *legrövidebb út keresésén* alapuló módszert valósítottunk meg [WÉBER 1993a, 1993b]. Ez utóbbi algoritmust sikerült oly módon *továbbfejlesztünk*, hogy a számítási idő mintegy 70%-os csökkenése mellett mind a számított beérkezési idő, mind a sugárutak pontosabbak legyenek [WÉBER 1995]. A javított módszer hatékonyságát szemlélteti az *1. ábra*.

<sup>1</sup>Földrenghéjelző Observatórium, H-1112 Budapest, Meredek u. 18.

<sup>2</sup>MTA Geofizikai Tanszéki Kutatócsoport, ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.



1. ábra. Egyszerű, horizontális rétegmodell mellett számított sugarakat. A rétegekben a terjedési sebesség fentről lefelé haladva rendre 1500, 1000, 1500 és 1000 m/s. A sugarakat a) "shooting" módszerrel, b) az eredeti "legrövidebb út keresése" algoritmussal és c) a javított "legrövidebb út keresése" eljárással számítottuk

#### 4. A nagyméretű, ritka mátrixú lineáris egyenletrendszerek megoldása

Mint korábban említettük, a szeizmikus tomográfia olyan iterációs módszer, melynek minden lépése során meg kell oldanunk egy nagyméretű, ritka mátrixú lineáris egyenletrendszert. Ezen egyenletrendszer együtthatóit a direkt feladat megoldása szolgáltatja. Az ilyen speciális egyenleteket megoldó algoritmusoknak számos fajtáját dolgozták már ki. Ezek közül leggyakrabban használatosak az ART (Algebraic Reconstruction Technique), a SIRT (Simulated Iterative Reconstruction Technique) és a konjugált gradiens módszerek.

Kutatásaink során megvizsgáltuk a globális szélsőérték keresésére alkalmas Simulated Annealing elnevezésű eljárás tomográfiában való alkalmazhatóságának lehetőségét is. Ennek a módszernek nagy

előnye, hogy *a priori* ismeretek hiányában, azaz a valódi sebességeloszlástól távol eső első közelítés esetén is biztosan eljutunk a valódi eloszláshoz közeli megoldáshoz. Ez az előbb ismertetett módszerek esetén sajnos nem mondható el. A 2. ábra a SIRT, illetve a Simulated Annealing módszerek alkalmazásával kapott sebességeloszlásokat hasonlítja össze. (Mérési geometria: 51 forrás a modell bal szélén és 51 geofon a modell jobb szélén.)

#### 5. A kutatási téma további lehetséges irányai

A kutatási téma fontos kiterjesztési iránya a reflexiós tomográfia kifejlesztése. Ez a módszer a reflektált hullámok beérkezési időit felhasználva nemcsak a terjedési sebesség eloszlásának, hanem a reflektáló réteghatárok elhelyezkedésének becslésére is alkalmas lehet. Lehetőséget adna mind a sekély, mind a nagyobb kutatási mélységeket megcélzó felszíni mérések tomográfias inverziójára, valamint a régi nyersanyagkutató szeizmikus mérések pontosabb képet adó újrafeldolgozására. Ennek különösen olyan kutatási területeken lenne jelentősége, ahol mind a geológiai szerkezet, mind a litológia horizontális irányban jelentősen változik,

hiszen ilyen esetekben a hagyományos módszerek — pl. a stacking sebesség és az rms sebesség közötti jelentős eltérések miatt — nem működnek megfelelően.

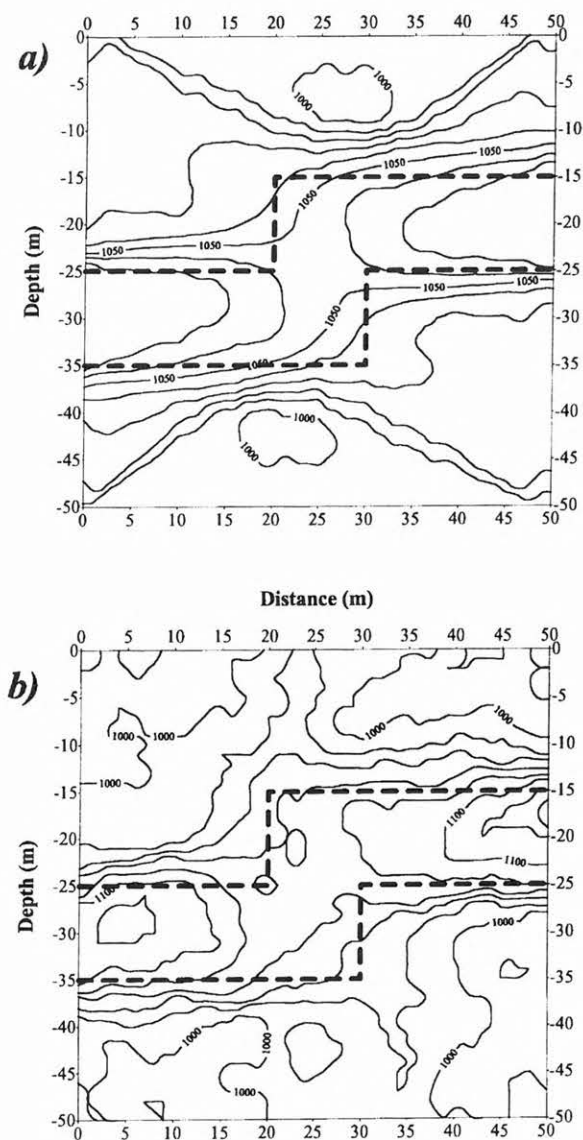
#### 6. Az eredmények hasznosításának lehetőségei

Az általunk kidolgozott számítógépes programcsomag elsősorban fúrások közötti, illetve fúrás és felszín közötti szeizmikus mérések első beérkezési időinek tomográfias inverziójára alkalmas. Hasznosan lehet tehát alkalmazni a vízkutatásban, mérnökszeizmológiai, környezetvédelmi feladatok megoldásában, bányákban végzett szeizmikus mérések inverziójában, offszetes vertikális szeizmikus szelvények feldolgozásában, de könnyen adaptálható a

földrengéshullámok beérkezési időinek inverziójára is (kéreg- és litoszféra-kutatás).

## HIVATKOZÁSOK

- GYŐRI E. 1994: Az első beérkezési idők kijelölésének vizsgálata a szeizmikus tomográfiai kutatásokban. *Magyar Geofizika* **35**, 83–89
- WÉBER Z. 1993a: Direkt feladat megoldási algoritmusok a szeizmikus tomográfiában. *Magyar Geofizika* **34**, 70–78
- WÉBER Z. 1993b: Comparison of some forward modelling algorithms in seismic tomography. *Acta Geod., Geoph. et Mont. Hung.* **28**, 373–388
- WÉBER Z. 1995: Some improvement of the shortest path ray tracing algorithm. *In: O. DIACHOK et al. (Eds), Full Field Inversion Methods in Ocean and Seismo-Acoustics. Kluwer Academic Publishers, 51–56*



2. ábra. Tomográfias inverzió által nyújtott sebességeloszlások: a) SIRT, ill. b) "Simulated Annualing" módszerrel kapott eredmények. (Valódi sebességek: a középső rétegben 1100, máshol 1000 m/s)



# A lézerspektroszkópia alkalmazási lehetőségei a földtani és környezetvédelmi kutatásokban

ANDRÁSSY LÁSZLÓ<sup>1</sup> (témavezető), NÉMET BÉLA<sup>2</sup>

L. ANDRÁSSY, B. NÉMET: Application possibilities of the laser induced plasma atomic emission spectroscopy in geological prospecting and environmental research

OTKA nyilvántartási szám: T 7366

## A lézer-indukált plazma atom (ion) emissziós spektroszkópia alapelve

Egy nagy teljesítményű lézer impulzus és a szilárd test (esetünkben kőzetminta, talajminta) kölcsönhatását követő folyamatokat a szilárd test anyagi jellemzői (abszorpciós-reflexiós együtthatók, hővezetési állandó, olvadáspont, ionizációs potenciál) határozzák meg. A kibocsátott lézer impulzus energiájának egy része abszorbeálódik, míg másik része reflektálódik. Az elnyelt energia az anyag helyi melegítését, majd a szilárd-folyékony átmenethez szükséges olvadáshőt fedezi. A szilárd-folyékony átmeneti állapot teljes olvadéba történő átalakulása után az elnyelt lézer-energia a párolgás megindulásához szükséges párolgáshőt fedezi, majd a magas hőmérséklet mellett a gyors gőzfejlődés jelentős felületi recessziót okoz, amely a kráter kialakulásához vezet.

A kiszakított forró plazmában kezdetben elsődleges elektronok, ionok találhatók, amelyekre, mint töltéssel bíró részecskékre szintén hat a lézer fénye, ami további lavinaszerű ionizációt eredményez. A plazma hőmérséklete a kezdeti extrém magas értékről (az első 100 ns-ban akár 100 000 K) — közel exponenciálisan —  $1 \mu\text{s}$  elteltével lassan lecsökken 20 000 K alá. A lézer impulzus utáni folyamatok az ionos formák csökkenését és az atomi formák növekedését eredményezik. Az atomok folyamatos termikus gerjesztése sugárzás kibocsátását eredményezi, amelynek hullámhossza jellemző lesz a vizsgált anyagot felépítő elemi összetételre.

## Lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópiai vizsgálatok laboratóriumban

Az irodalomban megjelent elméleti alapokra támaszkodva a kísérleti mérések elvégzésére kialakított elrendezéseket és a plazma atom emissziós spektrumok feldolgozására kidolgozott eljárásokat szem előtt tartva az OTKA Pécsi Regionális Műszerközpont Lézerspektroszkópiai Laboratóriumában alapkutatói célokból kísérleti méréseket végeztünk az OSMA laboratóriumi spektrométerrel nagy tisztaságú fém-, és ismert összetételű kőzetmintákon a méréseknél alkalmazott Nd:YAG lézer főbb paramétereinek optimalizálására, a mért indukált plazma emissziós spektrumok időbeli változásainak vizsgálatára és a vizsgált minták elemi összetételének meghatározása céljából egy hitelesítő etalonrendszer kifejlesztésére.

## A méréseknél használt laboratóriumi összeállítás

A kísérleti mérések céljaira kialakított OSMA laboratóriumi lézer-indukált plazma spektrométert az 1. ábrán mutatjuk be. A nagy teljesítménysűrűségű lézer impulzus előállítására Nd:YAG lézert használtunk, Q-kapcsolt üzemmódban.

## A kísérleti vizsgálatoknál használt lézerforrás és mérőrendszer főbb paramétere

- |   |                    |
|---|--------------------|
| – a jellegzetes kimenő hullámhossz:             | 1,06 $\mu\text{m}$ |
| – a sugárnyaláb teljesítménye impulzus üzemben: | 1,00 MW            |

<sup>1</sup>Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

<sup>2</sup>Janus Pannonius Tudományegyetem Fizika Tanszék, H-7604 Pécs, Ifjúság útja 6.

- az emittált impulzus energiája: 20,00 mJ
- az emittált impulzus időtartama: 12,00 ns
- az emittált impulzus teljesítménysűrűsége: 50,00 GW/cm<sup>2</sup>
- a késleltetés időtartama: 0,05—1,7 μs
- az időkapu hossza: 0,40—2,5 μs
- a felbontóképesség: 0,03 nm/dióda.

### Nagy tisztaságú fémminták plazma emissziós spektrumai

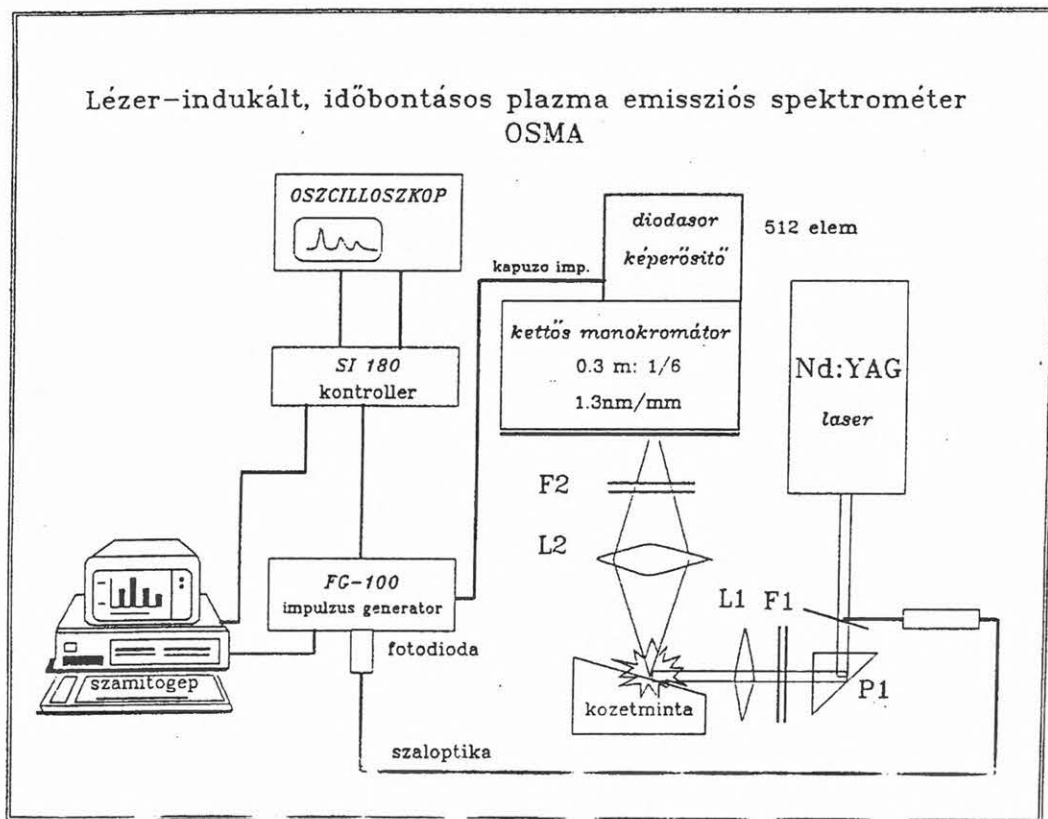
A gyakorlati feladat megoldásához nagy tisztaságú fémminták vizsgálatait végeztük el abból a célból, hogy kiválasszuk az ultraibolya és a látható (kék, zöld) színek tartományban azokat a jellemző atom (ion) emissziós színekvonalakat, amelyek segítségével a vizsgált elemek egyértelműen azonosíthatók. A kísérleti vizsgálatok eredményei alapján a mátrix elemek (Al, Ca, Fe, Mg, Si, Ti), illetve néhány szennyező elem (Cd, Cu, Pb, Zn) emissziós spektrum vonalainak azonosítása után az értelmezés elvégzéséhez nélkülözhetetlen elem-adatkönyvtárat létrehoztuk.

A nagy tisztaságú Cu, Cd, Pb és Zn fémmintákon végzett lézer-indukált plazma atom emissziós vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az egyes elemeken mért emissziós vonalak élesen elkülönülnek a felvett spektrumon. A vizsgált hullámhossz tartomány 250—550 nm volt. Példaként egy kiválasztott hullámhossztartományban a 2. ábrán Cu és Zn, a 3. ábrán Cd és Pb tiszta fémek emissziós spektrumai láthatók.

A teljes hullámhossztartomány vizsgálata során a kiválasztott nehézfémekre (Cd, Cu, Pb és Zn) kijelölt interferenciamentes emissziós spektrumvonalak hullámhossz, intenzitás, relatív gyakorisági értékeit és az irodalmi adatokat az 1. táblázatban foglaljuk össze.

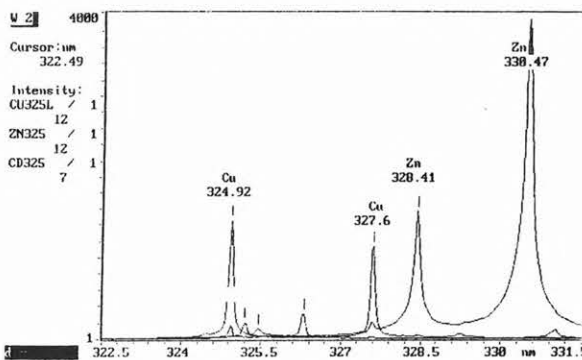
### A lézerrel indukált plazma atom (ion) emissziós spektrumok időbeli változásainak vizsgálata

A vizsgálatok célja annak tanulmányozása, hogy a kiválasztott nagy tisztaságú fémminták esetében a lézer impulzusokat követően a plazma háttérsugárzása (plazma elektronsűrűsége) és az egyes elemekre jellemző színekvonalak intenzitása milyen időbeli változást mutatnak. Az időben bontott mérések ered-

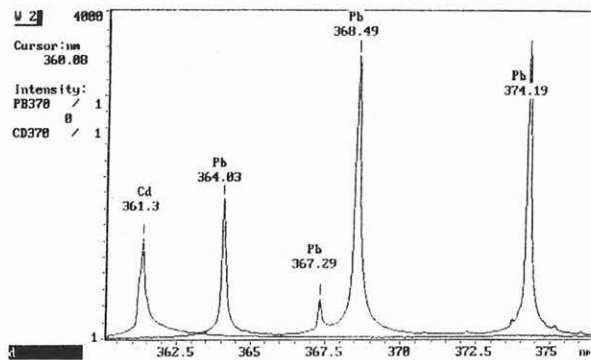


1. ábra. Lézer-indukált, időbontásos plazma emissziós spektrométer (OSMA) elrendezési rajza

Fig. 1. Scheme of laser induced, time resolved plasma emission spectrometer (OSMA)



2. ábra. Cu és Zn nehézfémek emissziós spektrumai a 321,5 nm-től 331,5 nm-ig terjedő hullámhossztartományban  
 Fig. 2. Emission spectra of heavy metals Cu and Zn in the wave length range 321.5–331.5 nm



3. ábra. Pb és Cd nehézfémek emissziós spektrumai a 360 nm-től 376,5 nm-ig terjedő hullámhossztartományban  
 Fig. 3. Emission spectra of heavy metals Pb and Cd in the wave length range 360–376,5 nm

Elem	Hullám-hossz (nm)	Eltérés (nm)	Hullám-hossz (nm)	Inten-sitás	Relatív gyakori-ság
	Irodalmi adat		Laboratóriumi mérés		
Cd	326.106	-0.164	326.29	320	4.0
	340.300	-0.220	340.52	2000	12.5
	346.620	-0.010	346.63	3000	18.7
	361.051	-0.249	361.30	10000	62.5
			441.60	1700	10.6
			467.60	4000	25.0
			479.80	14400	90.0
			506.25	16000	100.0
			533.30	1600	10.0
		537.50	3000	18.7	
Cu	324.764	-0.156	324.92	1448	85.9
	327.396	-0.204	327.60	1128	66.9
	427.310	-0.390	427.66	1059	62.8
	465.110	0.010	465.10	887	51.4
	510.550	0.340	510.21	1685	100.0
	515.320	0.440	514.66	659	33.2
	521.820	0.460	521.36	1153	66.4
Pb	280.199	-0.081	280.28	230	1.9
	283.306	-0.154	283.46	238	1.9
			357.50	1231	10.2
	363.958	-0.072	364.03	1711	14.2
			367.29	450	3.7
	368.348	-0.142	368.49	3451	28.6
			374.19	3850	30.2
	405.783	-0.017	405.80	12085	100.0
			504.20	400	3.3
		538.70	1400	11.6	
Zn	328.233	-0.177	328.41	1560	10.1
	330.259	-0.211	330.47	3930	25.4
	334.557	0.337	334.22	2470	15.9
			468.00	3130	20.2
	472.216	0.116	472.10	9370	60.6
	481.053	0.053	481.00	15470	100.0

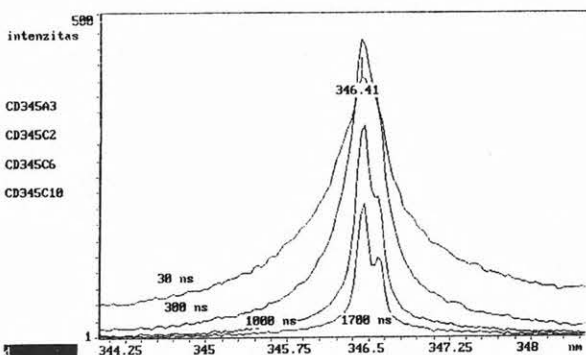
I. Táblázat. Nagy tisztaságú fémmintákon laboratóriumban végzett lézer-indukált plazma emissziós spektrumvonalak táblázata  
 Table I. Table of the laser induced plasma emission spectral lines of high purity metal samples measured in laboratory

ményei alapján lehetővé válik az egyes nehézfémekre vonatkozó időkésltetések és időkapu hosszak optimális értékeinek meghatározása.

Az analitikai szempontból lényeges színképvonal intenzitást és a plazma sugárzását befolyásolja a plazma hőmérsékletének 1  $\mu$ s alatti gyors csökkenése, a plazmában lévő elektronok koncentrációjának és kinetikai energiájának a kisebb értékek irányába történő eltolódása, a kisebb energiájú átmenetek gerjeszthetőségének növekedése, a plazmában megtalálható ionok és atomok arányának a megváltozása. Az atomi átmenetek számától függően a vizsgált nehézfémek „gerjesztett állapot” élettartama időben eltérő. A megfelelően beállított időkésltetések segítségével az egyes elemekre jellemző spektrumvonalak kiemelhetők a háttérből és jól elkülöníthetők.

A vizsgálatok során a korábbiakban már optimalizált paraméterek mellett a méréseket négy különböző időkésltetés mellett végeztük el. Az időkapu hossza 0,4  $\mu$ s volt. Az időkésltetések következők voltak: 30 ns, 300 ns, 1000 ns és 1700 ns.

A színekpi eloszlás időbeli alakulásait láthatjuk a 4. ábrán Cd-ra és az 5. ábrán Pb-ra. Az ábrák alapján az időbeli eloszlás azzal jellemezhető, hogy a kezdeti magas háttérből alig kiemelkedő, széles vonalak időben egyre keskenyebbek lesznek, ugyanakkor a háttér szintje nagyon gyorsan csökken. Az intenzitás érték a kezdeti növekedés után, kb. 300–500 ns késleltetésnél maximumot, majd lassú csökkenést mutat.



4. ábra. Cd nehézfém emissziós spektrumának időbeli alakulása a 344 nm-től 348,5 nm-ig terjedő hullámhossztartományban

Fig. 4. Changing in time of emission spectra of heavy metal Cd in the wave length range 344–348.5 nm

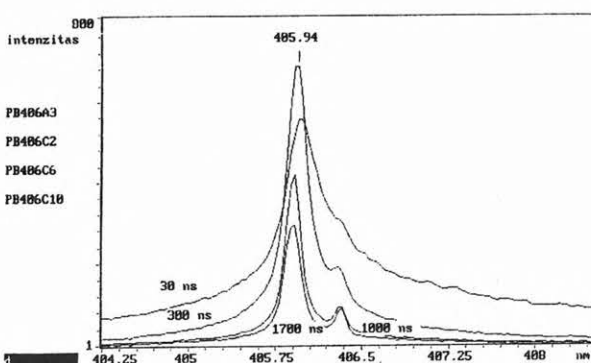
## A laboratóriumi mérőberendezés hitelesítése. Alap-etalon sor készítése

A nehézfém vizsgálatokat szem előtt tartva elkészült egy négy elemből álló mesterséges etalon sor (betonpogácsa), amely Cd, Cu, Pb és Zn nehézfémeket tartalmaz, egyenként 1000 ppm-es koncentrációban. A betonmintákat fehérvárcsurgói homok, cement és víz felhasználásával állították elő az *Aluterv FKI* laboratóriumaiban. A cement összetételének meghatározását nedves kémiai módszerrel, ICP spektrométerrel és AA-s spektrométerrel, az egyes beton etalonok összetételének meghatározását ICP spektrométerrel és AA-s spektrométerrel végezték el.

A betonmátrix százalékos összetétele a következő volt:

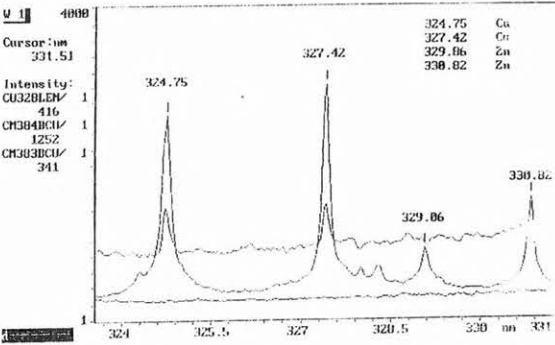
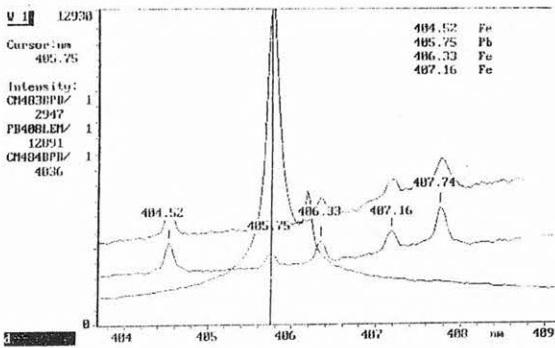
Izz. veszt. %	
	4,2
SiO <sub>2</sub>	70,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,3
TiO <sub>2</sub>	0,11
CaO	20,0
MgO	0,8

Az OSMA spektrométer segítségével elvégeztük az etalonminták lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópiai vizsgálatát abból a célból, hogy az 1000 ppm-es detektálhatósági küszöbérték mellett — a jellemző spektrumvonalak segítségével — a vizsgált nehézfémek azonosíthatók-e. Példaként a 6. ábrán Pb és Cu nehézfémeket 1000 ppm-es kon-



5. ábra. Pb nehézfémek emissziós spektrumainak időbeli alakulása a 404,25 nm-től 408,5 nm-ig terjedő hullámhossztartományban

Fig. 5. Changing in time of emission spectra of heavy metal Pb in the wave length range 404.25–408.5 nm



centrációban tartalmazhó beton etalon minták lézer-indukált plazma atom emissziós spektrumai láthatók. A Pb azonosítására a Pb(I) 405,783 és a Cu azonosítására a Cu(I) 324,764 és Cu(I) 327,396 emissziós spektrumvonalak alapján történt.

### A kutatási téma további lehetséges irányai, az eredmények felhasználásának lehetőségei

Az 1995–96. évekre elnyert „*Geológiai mintákon mért lézer-indukált plazma emissziós spektrumok időbeli és térbeli vizsgálata*” OTKA témán belül folytatni kívánjuk a lézer-indukált plazma atom emissziós spektrumok időbeli eloszlás vizsgálatait bonyolultabb összetételű geológiai mintákon. A mintákban előforduló elemekre meghatározzuk az időkéstelletek és időkapu hosszak optimális értékeit. Tanulmányozni kívánjuk a geológiai minták roncsolásmentes vizsgálata során az indukált emissziós spektrumok és a mikrokörnyezet közötti kapcsolatot. A geológiai minták vonal menti, illetve terület menti elemeloszlása alapján meghatározzuk a mintára jellemző vizsgált elem reprezentatív értékét.

Az elvégzett alapkutatások eredményeinek felhasználásával az 1994. évben elkészült a LIPS2 típusú hordozható lézer-indukált plazma spektrométer kísérleti példánya. A hordozható lézer-indukált plazma spektrométert elsősorban környezetvédelmi (nehézfém vizsgálatok), és földtani (fúrómag minták vizsgálata, érces szakaszok kijelölése és elválasztása) kívánjuk felhasználni.

6. ábra. Pb és Cu nehézfémeket 1000 ppm-es koncentrációban tartalmazó beton etalonminták lézer-indukált plazma atom emissziós spektrumai

Fig. 6. Laser induced emission spectra of concrete-standard, containing heavy metals Pb and Cu in 1000 ppm



# A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása

POSGAY KÁROLY<sup>1</sup> (témavezető), ALBU ISTVÁN<sup>3</sup>, ÁDÁM ANTAL<sup>5</sup>, BÉRCZI ISTVÁN<sup>2</sup>, HEGEDŰS ENDRE<sup>1</sup>, JÁNVÁRINÉ KÁNTOR ILONA<sup>1</sup>, KOVÁCSVÖLGYI SÁNDOR<sup>1</sup>, LENKEY LÁSZLÓ<sup>6</sup>, NAGY ZOLTÁN<sup>2</sup>, PÁPA ANTAL<sup>3</sup>, REDLERNÉ TÁTRAI MARIANN<sup>1</sup>, SÍPOS JÓZSEF<sup>1</sup>, STEGENA LAJOS<sup>6</sup>, SZAFIÁN PÉTER<sup>6</sup>, SZALAY ÁRPÁD<sup>4</sup>, TÍMÁR ZOLTÁN<sup>1</sup>, TAKÁCS ERNŐ<sup>1</sup>, VARGA GÉZA<sup>1</sup>

*Pretercier medencealjzatról érkező, környezetükből kiemelkedő reflexiós szeizmikus amplitúdó anomáliákat (bright spots) vizsgáltunk meg az Országos Tudományos Kutatási Alap 1875. sz. témája keretében. Az amplitúdó anomáliák értelmezésére szeizmikus modellezést és magnetotellurikus vizsgálatokat végeztünk. A PGT-1 és PGT-4 mélyreflexiós szelvényeken észlelt néhány amplitúdó anomália potenciális szénhidrogén előfordulásként értelmezhető.*

*A Kárpát-medencében végzett kisméretű szeizmikus mérések adták az első olyan eredményt, amelyből a teljes litoszféra szerkezetét lehetett vázolni. A Pannon Geotraverz menti szeizmikus (PGT-1), magnetotellurikus, geotermikus, geomágneses és gravitációs vizsgálatokból a Békési medence alatt az alsó kéreg, a kéreg-köpeny és a litoszféra-asztenoszféra határ emelkedett helyzetére, továbbá a felső kéregig hatoló magmatikus intrúzióra lehetett következtetni.*

## K. POSGAY: Deep reflection survey of the pre-Tertiary basement

*Investigations of seismic reflection amplitude anomalies (bright spots) protruding from its environment observed in the pre-Neogene basin's bottom were carried out in the project (No. 1875) of the Hungarian Scientific Research Fund. For the interpretation of the amplitude anomalies seismic modelling and magnetotelluric investigation were performed. Some amplitude anomalies observed on the PGT-1 and PGT-4 deep reflection profiles can be interpreted as potential oil and gas occurrences.*

*Low frequency seismic reflection measurements performed in the Carpathian Basin were the first results of which allowed to draw a sketch of the complete lithosphere. Along the Pannonian geotraverse relying on an integrated interpretation of seismic (PGT-1), magnetotelluric, geothermal, geomagnetic and gravity results conclusion was drawn on the elevated position of the lower crust, as well as the crust-mantle and the lithosphere-asthenosphere boundary, and on a magmatic intrusion protruding into the upper crust beneath the Békés Basin.*

OTKA nyilvántartási szám: 1875

## 1. Bevezetés

A hazai nyersanyag- és alap kutatás (szénhidrogén-, szén- és bauxitkutatás, földtani alapszervény program, OTKA: Pannon Geotraverz) keretében végzett szeizmikus mérések folyamán több helyen a környezetükből

kiemelkedő energiájú beérkezéseket észleltünk a harmadkori medence aljzatából (1. ábra).

A szakirodalomból megállapítható, hogy a konsolidált kéreg mélységtartományából észlelt amplitúdó anomáliák értelmezése fokozatos fejlődést mutat [POSGAY 1995]. A 80-as években *jelalag modellezéssel* folytatók a vizsgálatok [pl. BROWN et al. 1980, DE VOOGD et al. 1986 és 1988, LÜSCHEN et al. 1987]. A 90-es években a vizsgálatokat a rezgékeltetés-észlelés távolság [AVO, PRATT et al. 1993], a *transzverzális* hullámok [LÜSCHEN 1994, LÜSCHEN et al. 1993], illetve robbantásos rezgékeltetéssel meghatározott reflexiós *polaritás* [PRATT et al. 1991a és b] analízisével egészítették ki. A szemlélet kialakításánál jelentős szerepet játszott a *kolai szupermély fúrás* eredménye [KOZLOVSKY 1987], ahol repedezett prekambriumi összletben, 4,5–9 km mélységintervallumban ásványtartalma

<sup>1</sup>Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

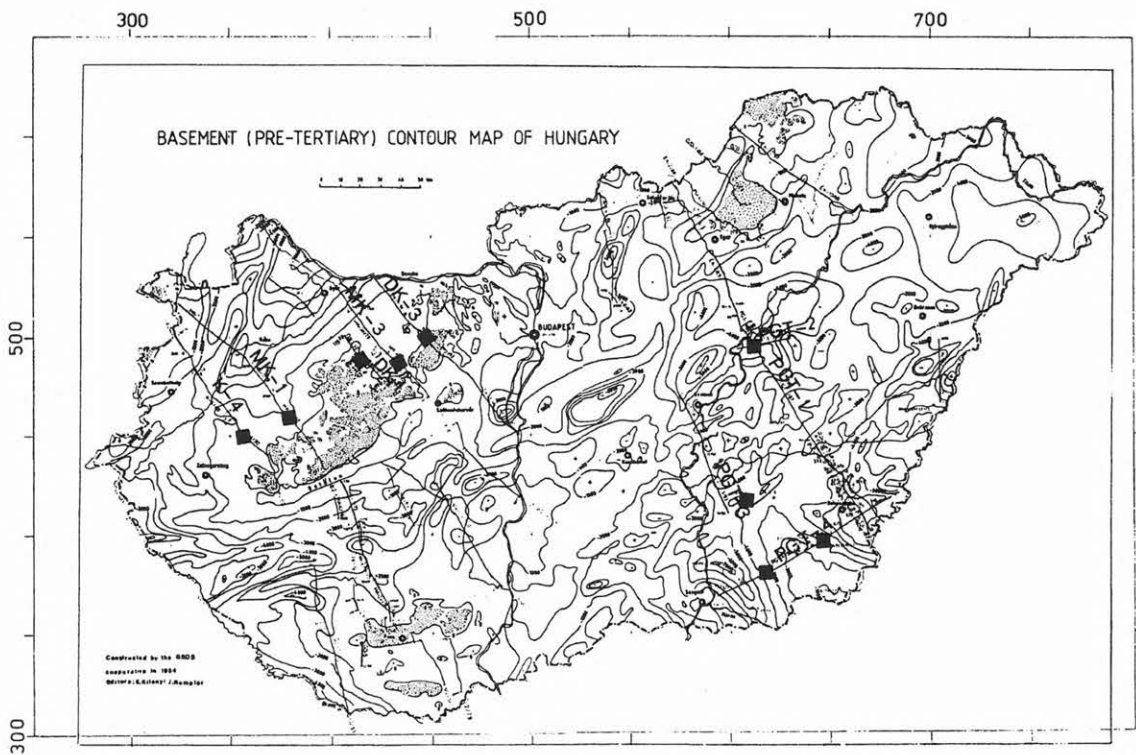
<sup>2</sup>MOL Rt. KTÁ Kutatás-Művelési Mérnöki Iroda, H-1039 Budapest, Batthyány u. 45.

<sup>3</sup>MOL Rt. KTÁ Hazai Kutatási Üzletág, H-1039 Budapest, Batthyány u. 45.

<sup>4</sup>MOL Rt. KTÁ Külföldi Kutatás-Termelési Üzletág, H-5001 Szolnok, Kőrösi út 43.

<sup>5</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet H-9400 Sopron, Csatka u. 6.

<sup>6</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.



1. ábra. A pretercier medencealjzatból észlelt szeizmikus amplitúdó anomáliák (négyzettel jelezve) helyszínvázlata. A terciér medence aljzatának mélységtérképén [KILÉNYI, RUMPLER 1984] feltüntettük a litoszféra-asztenoszféra kutató és a földtani szeizmikus alapszelvények nyomvonalát is

Fig. 1. Location of the deep seismic reflection lines and pre-Cenozoic amplitude anomalies. Also shown is the map of the basement (pre-Cenozoic rocks) compiled by KILÉNYI and RUMPLER [1984]

víz beáramlását, illetve a szeizmikus sebesség csökkenését állapították meg.

Az első hazai — a konszolidált kéreg mélységéből észlelt — kiemelkedő amplitúdójú reflexiós beérkezést az ELGI a *Súr-1/c/1974* szelvényen, 4–5 km mélységben (2 s) észlelte a *Dunántúli-középhegységben* folytatott komplex geofizikai kutatás keretében [NYITRAI 1975, SZABADVÁRY et al. 1975]. Az amplitúdó anomália vizsgálatát az *MK-3/75* szelvényen (1. ábra), a földtani alapszelvény program keretében kezdték el [RÁNER et al. 1976]. A reflektáló felület létezéséről Dix rendszerű sebességméréssel és keresztirányú méréssel győződtek meg. A további szeizmikus mérések során a Dunántúli-középhegység tengelyében, 5–10 km széles sávban a *szeizmikus amplitúdó anomáliák* sorát észlelték [Magyarpolány, Oroszlány-Bokod: MAJKUTH 1983, Mór, Sümeg: PÁPA et al. 1990]. A Mór környékén végzett transzverzális kísérlet során SV és SH reflexiót is észleltek az adott mélységtartományból [R. TÁTRAI 1994].

Az értelmezés elősegítésére a földtani alapszelvény program keretében *magnetotellurikus* méréseket is végeztek. A kiemelkedő energiájú reflexiós

szintek mélységében a magnetotellurikus mérések egy jól vezető réteget határoztak meg [RÁNER et al. 1983, PÁPA et al. 1990]. Az első eredmények értelmezésénél a szelvényt földtani adatokkal összevetve, normális kifejlődésű rétegsorokat feltételezve a jól vezető összlet felszíne ismert rétegtani szinttel nem volt azonosítható, ezért a jól vezető összlet és a felette levő képződmények között tektonikai érintkezést tételeztek fel [RÁNER et al. 1984].

A felső kéreg elektromos vezetőképességének anomáliatérképén [ÁDÁM és VERŐ 1967] a Balaton-tól É-ra már feltüntették a *dunántúli elektromos vezetőképesség anomáliát*. Statisztikus módszerekkel történt vizsgálat szerint a vezetőképesség anomália a Dunántúlon elsősorban szétnyílt törésrendszerekhez kapcsolódik, a mezozoós karbonátok előfordulásához kötődik, de valószínűleg nem azokban, hanem csak alattuk, a paleozoós rétegekben alakul ki és grafittelérek, vagy elektrolitok okozzák [ÁDÁM 1980]. Az anomália a Rába-vonaltól a Balaton-felvidék paleozoós képződményekig figyelhető meg [ÁDÁM et al. 1990]. A jól vezető anomáliákat — Alsóvadászi, továbbá Magyarmecske—Bogádmindszent térségében végzett mérések és a fúrásai ered-

mények alapján — grafitos, antracitos, paleozoós üledékekkel hozták kapcsolatba [VARGA 1977, RÁNER et al. 1983, NEMESI 1992]. ÁDÁM [1992] külföldi kutatásai alapján is megerősítve látja azt a feltevését, hogy az anomáliát elsősorban idős, metamorf kőzetek (Altkristallin) grafitos képződményei hozzák létre.

## 2. Az amplitúdó anomáliák vizsgálata

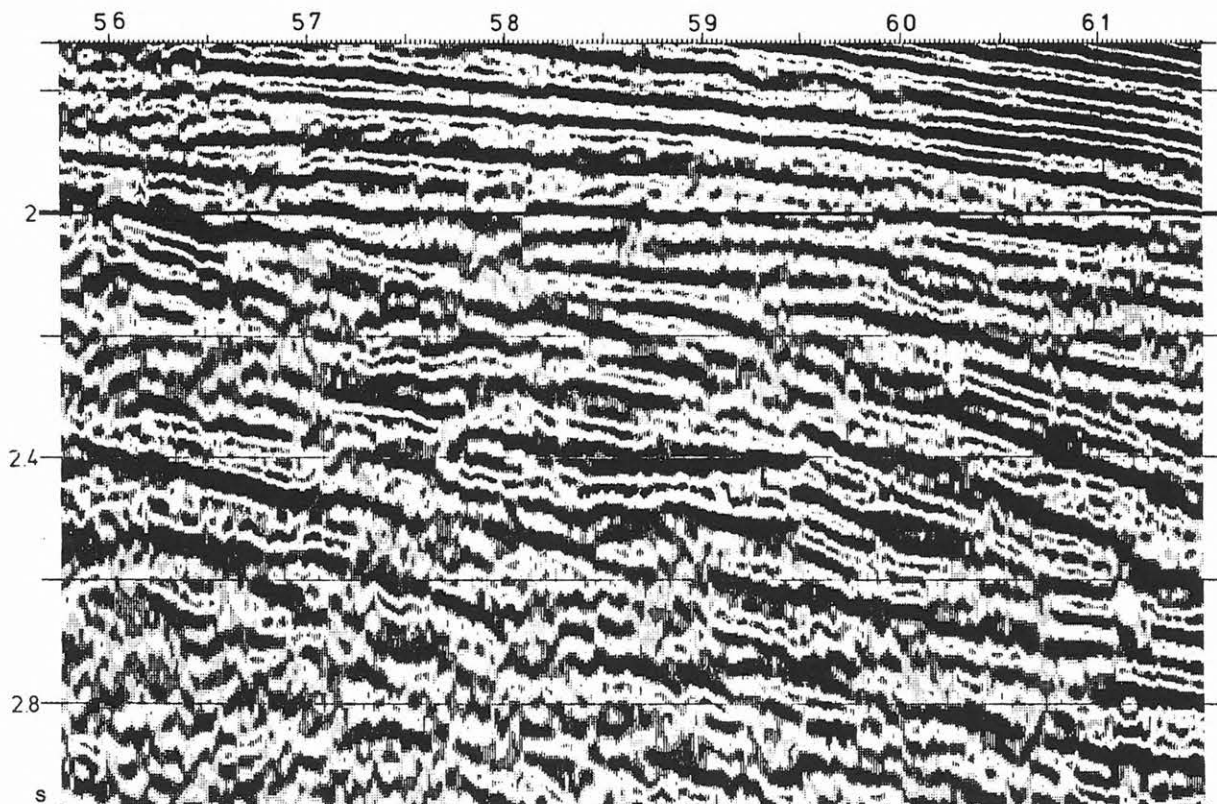
A téma keretében a kérdés megvizsgálására végeztünk alapkutatást. A vizsgálatokat azokkal az amplitúdó anomáliákkal kezdtük, amelyeket *amplitúdóhű feldolgozással* határoztunk meg. Számukat sikerült néhány — a téma keretében végzett terepi méréssel és feldolgozással meghatározott — új amplitúdó anomáliával bővíteni. Az amplitúdó vizsgálatok eredményeit integráltan értelmeztük az egyes területekre jellemző földtani és geofizikai adatokkal.

1992-ben a T4079 sz. OTKA téma („A lemeztektonika törvényszerűségeinek vizsgálata nemzetközi együttműködésben, a litoszféra és az asztenoszféra tartományában”) keretében, magyar, kanadai és svájci együttműködésben kísérletet végeztünk, amelyenél

a frekvenciatartománynak a kis frekvenciák felé (1–2 Hz-ig) történő kiterjesztésével kívántuk a mélyreflexiók mérések behatolóképeségét növelni. A nemzetközi mérések jól illeszkedtek az ELGI negyed évszázados kísérletsorozatába, mellyel a szeizmikus reflexiók méréseket a mélységi behatolás növelésével kívánta kiterjeszteni a *felsőköpeny* kutatására [POSGAY 1975 és 1991]. A rendelkezésre álló pénzügyi keretek jobb kihasználása érdekében a fenti — jelentős hazai és külföldi anyagi támogatással — végzett kutatás kiegészítéseként hajtottuk végre az ismertetett 1875 sz. OTKA téma szeizmikus méréseinek jelentős részét.

A *Hungarian Geotraverse* menti, PGT-4 jelű szeizmikus szelvény az algyői kiemelt szerkezet keleti oldaláról indult, a Hódmezővásárhely—Makói árkot, a Pusztaföldvár—Battonyai medencealjzat felboltozódást és a Békési medencét harántolta (1. ábra). A mélyreflexiók szelvényen 29–32, továbbá 57–60 szelvénykilométer között környezetéből kiemelkedő energiájú, közel vízszintes amplitúdó anomáliákat észleltünk [POSGAY et al. 1996].

Részletesebben az 57–60 szelvénykilométer között észlelt amplitúdó anomáliát vizsgáltuk meg. A



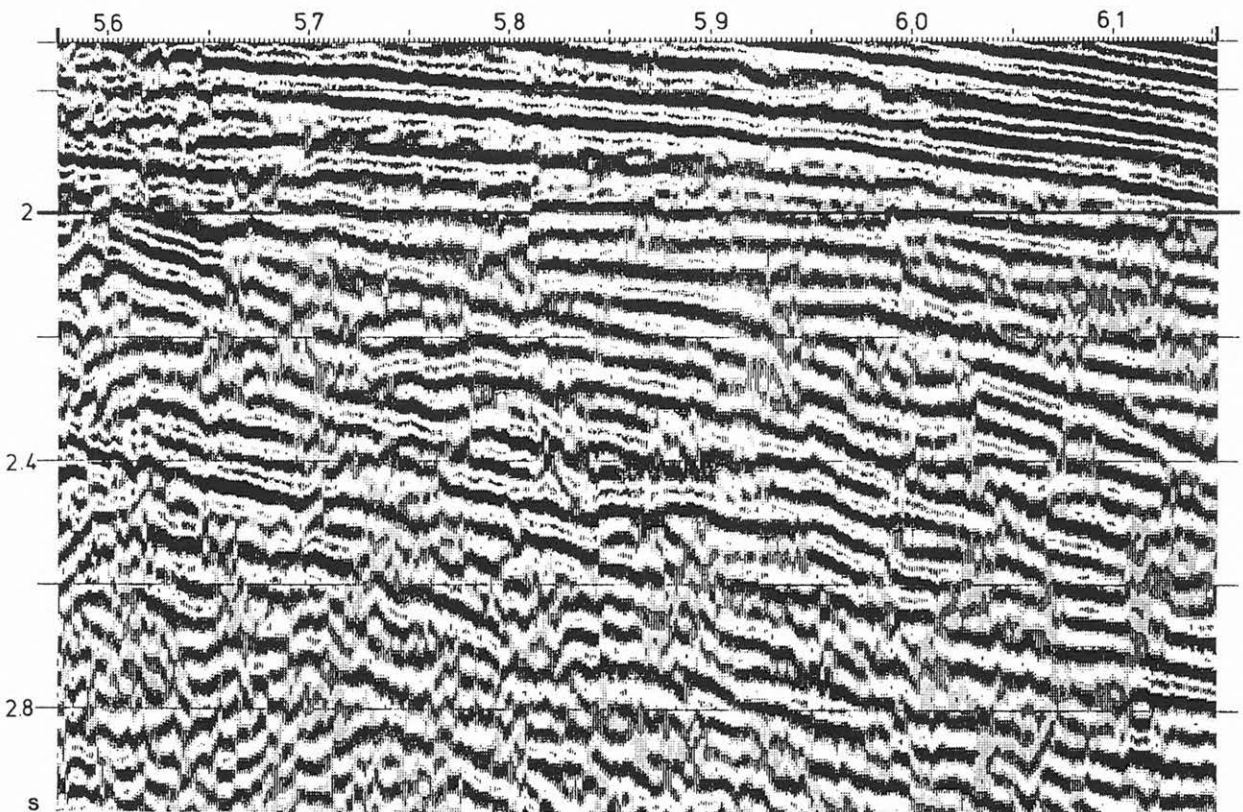
2. ábra. A PGT-4 mélyreflexiók vonalon, kisfrekvenciás metodikával — a feltételezhetően mezozoós korú medencealjzat mélységéből — észlelt amplitúdó anomália. A szelvényrészlet 2–40 Hz közötti szűréssel készült

Fig. 2. Amplitude anomaly observed on the deep reflection line PGT-4 by low frequency methodology, from the depth of the basement of assumed Mesozoic age. The detail of the section was made with filtering between 2–40 Hz

2. ábrán látható szelvényrészletet 2–40 Hz szűrés-sel készítettük. A kislekvenciás metodika előnyét mutatja, hogy ugyanezen a szelvényszakaszon 10 Hz-es alulvágás esetén a kérdéses amplitúdó anomália már nem figyelhető meg (3. ábra), azaz csak a litoszféra-asztenoszféra kutatáshoz kifejlesztett metodikával határozható meg. Az anomáliát — a feltételezhetően mezozoós korú medencealjzat felszíne (kb. 2,1 s) alatt, — 2,4 s kétszeres beérkezési időnél figyeltük meg. Értelmezéséhez *longitudinális hullámsebesség-, sűrűség- és Poisson-arány becslés* történt, különös figyelmet fordítva a reflexiós tényező előjelének figyelembevételére. A kőzetfizikai paraméterek becslése a *téma keretében kifejlesztett szeizmikus csatornamodellező*, illetve a szeizmikus észlelési távolságtól függő *modellező programmal* történt [TAKÁCS 1995]. A vizsgált terepi csatornákon a valódi amplitúdók lehetőség szerinti visszaállításával és megtartásával speciális *előfeldolgozási* eljárásokat (észlelési időtől és távolságtól függő amplitúdó visszaállítás, felszínkonzisztens amplitúdó korrek-

ció, felszínkonzisztens *longitudinális hullám* dekonvolúció, Q kompenzáció) hajtottunk végre a ProMAX feldolgozó rendszerrel. A vizsgálatok alapján valószínű, hogy az anomális amplitúdójú reflexiót mezozoós karbonátos kőzetek törés- és repedésrendszerében lévő *szénhidrogéngáz és olaj*, vagy *széndioxid és víz*, vagy ezeknek más kombinációja okozhatta. A feltételezett gázos zóna tetéjére  $-0,074$ , a gáz-folyadék határra  $+0,044$ -es *reflexiós tényező* adódott. A gázzal telített zónára  $0,115$ , a folyadékkal telítettre pedig  $0,333$  *Poisson-arány* értéket kaptunk [TAKÁCS 1995].

A Békési medence É-i határán repedezett, metamorf medencealjzatban is meghatároztak vízszintes, kis amplitúdójú, reflektáló felületet (flat spot), melyet olaj-víz határral azonosítottak [ALBU és PÁPA 1992]. Ez az értelmezés is alátámasztja azt az elképzelésünket, hogy a repedések szélességénél több nagyságrenddel hosszabb rezgéshullámok a repedésekben lévő gáz-folyadék, (vagy folyadék-folya-



3. ábra. A 2. ábrán látható szelvényrészlet 10 Hz-es alulvágás után. A két ábra különbségéből arra következtettünk, hogy a kislekvenciás metodika a medencealjzat szerkezeteinek felkutatásában is előnyös

Fig. 3. Detail of the section shown in Fig. 2 after low cut filtering at 10 Hz. The difference of the two figures suggests the low frequency methodology offers advantages in studying the structures of the basement

dék) határokról érkező reflexiókat egyetlen reflexióként adhatják vissza.

A Pannon Geotraverzen (1. ábra) észlelt szeizmikus amplitúdó anomália modellvizsgálatánál akusztikus karotázs adatokból indulhattunk ki. A Pannon Geotraverz menti PGT-1 jelű szeizmikus szelvényen, 5–5,5 km mélységből, a környezetéből 6–10 dB-lel kiugró amplitúdó anomáliát észleltünk. Az anomália jellegének és kiterjedésének meghatározására a PGT-2 jelű mélyreflexiók keresztvonalat mértük (4. ábra) és szeizmikus modellvizsgálatot

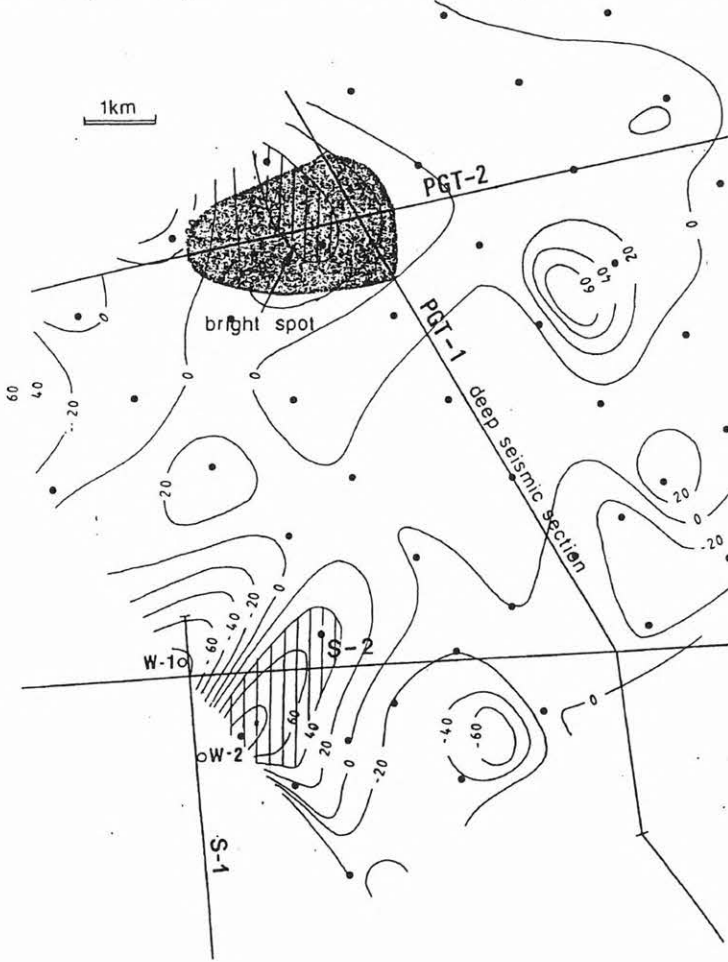
végeztünk [TAKÁCS 1995]. E szerint a mezozoós korú medencealjzat törés- és repedésrendszerében gáz- és folyadéktartalmú réteg tétélezhető fel.

A PGT-2 szelvény mentén — az amplitúdó anomália vizsgálatára — végzett magnetotellurikus mérések [VARGA 1992] a 2–6 ohmm ellenállású neogén rétegek alatt, a nagy ellenállású pretercier medencealjzatot kb. 4 km mélységben mutatták ki. A pretercier aljzaton belül nem lehetett jól vezető réteget elkülöníteni.

A szénhidrogén-kutató, területi, magnetotellurikus mérések eredményeit a téma keretében az amplitúdó anomáliák értelmezésének szempontjából vizsgáltuk meg [NAGY 1992].

Alapját az a felismerés képezte, hogy a CH-telepekből eredő vertikális áramlás rendszerint jellemző változásokat okoz a telep környezetében levő kőzetek elektromos paramétereiben. Produktív és meddő fúrásokon végzett referencia mérések adatai szolgálnak a CH-telepekre jellemző szignifikanciák elkülönítéséhez végzendő cluster analízis alapjául [DZWINEL 1983]. A 4. ábra az amplitúdó anomália környékén az MT mérési pontok helyét és a szénhidrogén előfordulás becsült valószínűségének — a magnetotellurikus adatok sokváltozós statisztikai analízise alapján szerkesztett — szintvonalas térképét mutatja. Az ábrán W-2-vel jelzett fúrás miocén korú gáztermelő réteget harántolt kb. 2600 m mélységben. A térképen itt +70% valószínűségi anomália van, míg a meddő fúrásoknál negatív értékeket mutat. A szeizmikus amplitúdó anomália elég jó egyezést mutat egy +40% értékű valószínűség maximummal. A szeizmikus modellvizsgálat [TAKÁCS 1995] és az ismertetett, MEGA-D felismerő rendszerrel végzett vizsgálat azt mutatja, hogy az amplitúdó anomália *potenciális CH-előfordulásként* értelmezhető [NAGY 1992].

Megvizsgáltuk, hogy az amplitúdó anomáliák nincsenek-e összefüggésben a karsztos tárolókban helyenként megismert nagy hőmérsékletű vízgőz rezervoárokkal. Erre a célra a fábiansebsyenyi és a nagyszénási terület látszott a legalkalmasabbnak, mivel a Fáb-4 és Nsz-3 fúrásokban túlnyomásos vízgőz



4. ábra. A PGT-1 és PGT-2 szeizmikus, mélyreflexiók szelvényeken észlelt amplitúdó anomália vázlata és a szénhidrogén előfordulás becsült valószínűségének — a magnetotellurikus adatok sokváltozós statisztikai analízise alapján szerkesztett — szintvonalas térképe. A szeizmikus amplitúdó anomália elég jó egyezést mutat egy valószínűség-maximummal. PGT-vel a mélyreflexiók szelvényeket, S-sel a szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényeket, ●-tal a magnetotellurikus mérési helyeket, W-vel a mélyfúrásokat jelöltük

Fig. 4. Sketch of the amplitude anomaly observed on the seismic deep reflection profiles PGT-1 and PGT-2 and contour map of estimated probability of the hydrocarbon occurrence, plotted on the basis of multi-variable statistical analysis of magnetotelluric data. The seismic amplitude anomaly shows a fairly good agreement with a probability maximum. PGT is used to mark the deep reflection profiles, S seismic profiles of hydrocarbon exploration, ● magnetotelluric measuring points, W deep wells

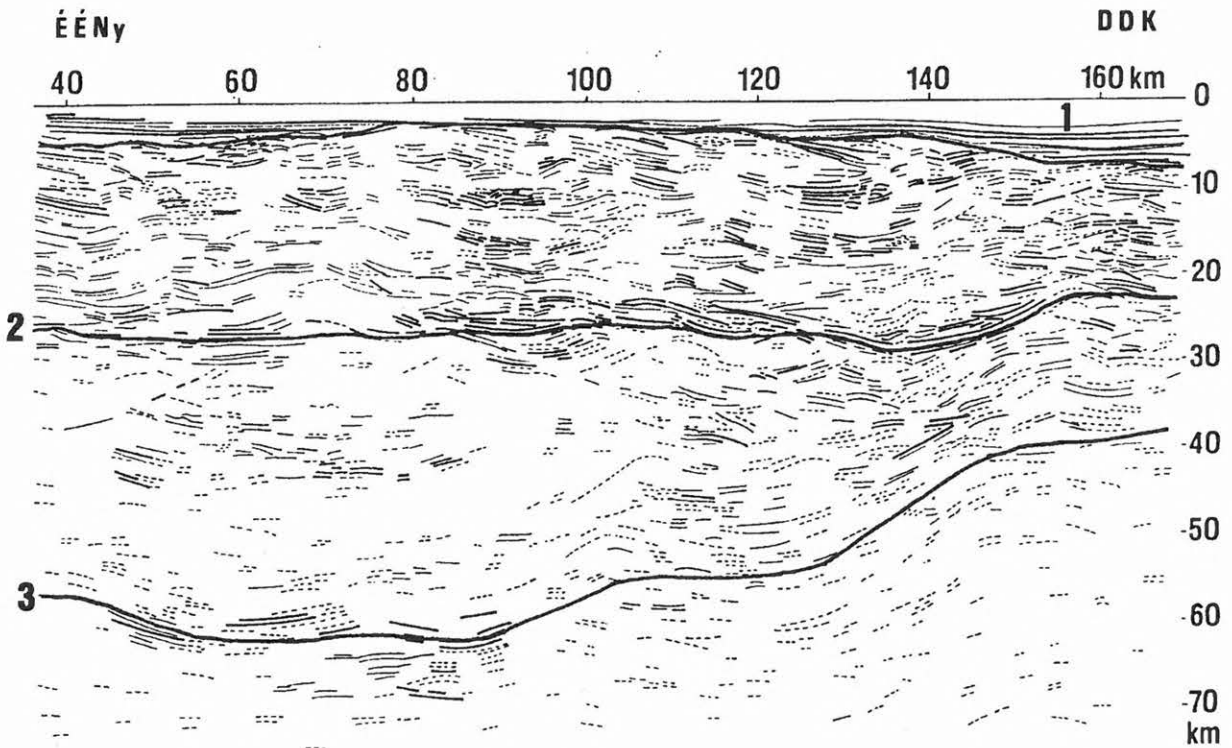
telepeket tártak fel [NAGY et al. 1992]. A környéken mért szénhidrogén-kutató, reflexiós szeizmikus szelvények vizsgálata azt mutatja [ALBU 1994], hogy mindkét fúrás olyan mélytektonikai zóna peremén mélyült és tárt fel geotermikus rezervoárt, amelyek a medencealjzat szerkezetének kialakulása során többször is aktivizálódhattak. A geotermikus rezervoárok triász korú rétegekben képződtek. Ebben a rétegösszletben közel vízszintes, kiemelkedő amplitúdójú reflexiós szintek figyelhetők meg a rezervoár mélységében.

A területen végzett *magnetotellurikus* mérések a preneogén medencealjzatban, a fúrás környezetében jól vezető, tektonikus zónát mutattak ki [NAGY et al. 1992]. A zóna kiterjedéséből és kis ellenállásából arra következtettek, hogy a sósvíz-tartalmú, (nagy elektrolitos vezetőképességű,) karsztosodott tektonikus öv mélységi kiterjedése több kilométer.

A zóna nagymélységű kapcsolatát támasztják alá a *szilíciumdioxid* vizsgálatok is. A szilíciumdioxid oldhatósága a vízben hőmérsékletfüggő és irreverzibilis: ha a magasabb hőmérsékleten telítődött víz lehűl, szilíciumtartalma nem csapódik ki. Mélyebb

rétegekből feláramlott vízre lehet egy fúrás vizsgálatából következtetni, ha vize lényegesen több szilíciumdioxidot tartalmaz, mint ami a tényleges geotermikus hőmérsékletnek megfelelne. A tektonikus zóna mentén STEGENA és társai [1994] nagyszámú szilíciumdioxid anomáliát állapítottak meg. Ez a törészóna a PGT-1 litoszféra-kutató szelvényt annak 120. szelvénykilométere táján keresztezi. A litoszféra-kutató mélyreflexiós szelvény értelmezésekor itt egy *mélytörést* tételeztünk fel, amely a földkérget teljes mélységében harántolja [POSGAY, SZENTGYÖRGYI 1991].

Az észlelt szeizmikus reflexiós amplitúdó anomáliák, valamint több (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, He, Cl-, SiO<sub>2</sub>) folyadék- és gázindikátor felszínközeli eloszlása közötti kapcsolatot vizsgálva [STEGENA 1995] egyik indikátor sem mutatott szignifikáns, országos érvényű korrelációt. Rendkívül érdekes eredményre vezetett viszont az *amplitúdó anomáliák és a karsztosodható kőzetek* elterjedésének vizsgálata. A vizsgált amplitúdó anomáliák döntő többsége a harmadkori medencealjzat karsztosodható kőzeteinek a területére [ALFÖLDI et al. 1977], vagy ennek hatá-



5. ábra. A PGT-1 reflexiós mélységszelvény vonalas rajza. DDK-i részén, a Békési medence alatt a kéreg-köpeny és a litoszféra-asztenoszféra határ felboltozódására következtettünk [POSGAY et al. 1995]

Fig. 5. Interpreted line drawing of the migrated depth section of profile PGT-1. At the SSE end of the profile, at the margin of the Békés basin the conclusion was drawn on the elevated position of the lithosphere-asthenosphere boundary

rára esik. Több helyen az amplitúdó anomáliák mélységében nem sikerült jól vezető réteget kimutatni. Ebből következik, hogy az amplitúdó anomáliák különböző okokra vezethetők vissza. A Dunántúli-középhegységben sáv mentén jelentkező anomáliák *tektonikai érintkezéssel*, vagy töréses zónákban kialakult túlnyomások, *túlhevített víztárolóval* értelmezhetők. A PGT-1 és PGT-2 keresztződésénél, továbbá a PGT-4 szelvényen észlelt anomáliák szeizmikus és magnetotellurikus vizsgálatából töréses, repedéses zónákban kialakult *szénhidrogén előfordulás* lehetőségére következtetünk.

### 3. Litoszféra-asztenoszféra kutatási eredmények

A mélyreflexiós mérések frekvenciatartományának kiterjesztése a kis frekvenciák felé [POSGAY 1975, 1991] *világviszonylatban is új lehetőséget* nyitott meg a litoszféra-kutatásban. A tektonikai modellek olyan nagymélységű, részletes vizsgálatára ad lehetőséget, melyet korábban csak a kisebb mélységekből kapott eredmények extrapolálásával tételtek fel. A PGT-1 (5. ábra) és PGT-4 mélyreflexiós szeizmikus szelvények alapján feltételezzük, hogy mind a kéreg-köpeny, mind a litoszféra-asztenoszféra határ a Békési medence táján felboltozódik [POSGAY et al. 1995, 1996]. A magnetotellurikus kutatások rendkívül érdekes adatokat adtak az asztenoszféra mélységi szerkezetére is, de értelmezésük jelentős elméleti megfontolásokat követel ([ÁDÁM 1992, ÁDÁM et al. 1993]. A magnetotellurikus adatokat 2-D felépítés feltételezésével dolgoztuk fel. A Békési medence Magyarország legnagyobb vezetőképeségű medencéje. Elképzelhető, hogy a 2-D feltételezés következtében a valóságosnál kisebb mélységet határoztunk meg). Az újabb mérések és értelmezés alapján [ÁDÁM 1994, VARGA, NEMESI 1994] valószínűnek látszik az asztenoszféra felboltozódása.

A téma keretében szükségesnek látszott a szeizmikus mérések *laterális felbontásának* megvizsgálása is, mivel a nagy energiájú beérkezések, vagy a szeizmikus mérésekkel meghatározott szerkezetek akkor értelmezhetők, ha méretük meghaladja a laterális felbontásból meghatározható méretet [SÍPOS 1995]. A kisfrekvenciás metodika esetén különösen fontosnak tűnt ez a vizsgálat, mivel a szeizmika laterális felbontása a kisebb frekvenciáknál romlik. Ezenfelül figyelembe kell venni azt is, hogy a hullámhossz növelésével a szeizmikus módszer mély-

ségi behatolóképesége javul, viszont a mélységgel a laterális felbontás csökken.

A laterális felbontást gyakorlatilag az első Fresnel-zóna mérete határozza meg. Sík reflektor esetén az összes Fresnel-zónáról származó energia az első Fresnel-zónáról származó energia másfélszerese. Ezért csak az első Fresnel-zónára terjedt ki a vizsgálat. Az időbeli dekonvolúcióhoz hasonlóan a térbeli dekonvolúció is lerövidíti az elemi hullámot. A térbeli dekonvolúció migrációs eljárással kerül megvalósításra a szeizmikus feldolgozás során. A migráció használata esetén az algoritmus dőlés átviteli korlátja jelentősen befolyásolja a laterális felbontást, a vizsgálatok erre a tényezőre is kiterjedtek.

Konkrét példaként a PGT-1 szelvény néhány érdekes szerkezetére készültek számítások. A szelvény feldolgozási eljárásait figyelembe véve a laterális felbontás a pretercier medencealjzat alatt, annak közeléből ( $X=59$  km,  $T=3,2$  s,  $f_c=8,5$  Hz) észlelt amplitúdó anomáliákat adó szintek esetén:

$$R \cong 250 \text{ m,}$$

míg az alsó kéregbeli jellegzetes töréses, gyűrődéses szerkezetekre ( $X=83$  és  $97,3$  km,  $T=7,8$  s,  $f_c=7,5$  Hz):

$$R \cong 535 \text{ m.}$$

A kérdéses szerkezeteknél a *Fresnel-zóna sugara lényegesen kisebb a szerkezetek kiterjedésénél*, ezért azokat értelmezhetőnek tartjuk.

A téma keretében végzett *geotermikus modellezés* [HORVÁTH 1994] során megvizsgálták a gyors üledékképződés és a folyadékáramlások (hűtő) hatását a hőmérsékleti térre. Az eredmények azt mutatták, hogy a Pannon-medence üledékes összletei jelentősen megnövelik az *egyensúlyi hőállapot* eléréséhez szükséges időt, és koruktól, illetve vastagságuktól függő mértékben „szigetelő takaróként” viselkednek. Ezt a hatást korrigálva a módosított felszíni hőáramsűrűség kép a korábbi lokális minimum helyett egy markáns maximumot mutat a Békési medence területén. Ezzel a módosított hőáramsűrűséggel elvégezve az egyensúlyi állapotra vonatkozó termikus modellszámításokat az eredmények megerősítik azt a feltevést, hogy a litoszféra-asztenoszféra határ magasabb helyzetben van a Békési medence alatt, mint a Pannon-medence átlagos mély-

ségű területein [SZAFIÁN, LENKEY 1994, POSGAY et al. 1995].

A termikus modellszámítások támpontot adtak a földmágneses hatószámítások megítéléséhez is. (A Curie-pont 15 km mélységben helyezkedik el.) A téma keretében végzett *gravitációs és mágneses hatószámítások* [KOVÁCSVÖLGYI 1994] szerint a Békési medence területén meghatározott gravitációs maximum hatóinak a PGT-1 szelvény által kimutatott alsó kéreg és a köpeny felboltozódás tekinthető. A medence területén meghatározott mágneses anomália hatója az alsó kéreg azon része, amely a magnetit Curie-pontjának megfelelő hőmérsékleti szintnél (15 km) kiemeltebb helyzetben van, de mind a szeizmikus, mind a mágneses kép alapján valószínű, hogy a magmás test egy része a felső kéregbe is felnyúlik [SZAFIÁN, LENKEY 1994, POSGAY et al. 1995].

A litoszféra-asztenoszféra kutatási eredmények nemzetközi érdeklődésre tarthatnak számot. Például a legelterjedtebben felhasznált *medencefejlődési modellek*nél [MCKENZIE 1978 és WERNICKE 1981] az asztenoszféra felboltozódását a medencéhez viszonyítva különböző helyen tételezik fel. *Olyan tanulmányt, amelyik részletes (mélyreflexiós és magnetotellurikus) mérési eredmények alapján vizsgálja a földköpeny kérdéses zónáját, csak a hazai kutatásokból ismerünk* [POSGAY et al. 1995, 1996, HAJNAL et al. 1996]. A medence elmélyülésének döntő tényezője a felboltozódott asztenoszféra lehülése és összehúzódása. Eredményeink ezért alapvető törvényszerűség tisztázásához járulnak hozzá. Az eredmény gyakorlati értékeléséhez példaként megemlítjük, hogy ez a törvényszerűség az egyik alapja a szénhidrogének keletkezésével kapcsolatos számításoknak. Az eredmények részletes értelmezésének ismertetésére a T 4079 sz. OTKA jelentésben kerül sor.

A medencealjzat-beli reflexiós amplitúdó anomáliák kutatásánál célszerű lenne a *tektonikai összefüggéseket* tovább finomítani. Jobb behatolóképesége alapján erre a *kisfrekvenciás szeizmikus metódika* alkalmasnak látszik. Az amplitúdó anomáliák kutatásának „klasszikus” területén, a Dunántúli-középhegységben ennek alkalmazására még nem került sor. További technikai problémákat kellene az itteni alkalmazáshoz megoldani, amelynek pénzügyi kihatása is lenne. A közeljövőben erre nem sok lehetőség látszik. Reálisnak látszik viszont a meglévő adatok új szempontok szerinti feldolgozása. A hazai szeizmikus és magnetotellurikus *adatfeldolgozásban* az utóbbi években jelentős fejlődés volt. Ennek kihasználása új eredményekre vezethet.

Az ismertetett eredmények *nyersanyag-kutatási hasznosíthatósága* is érdekesnek látszik. Például a PGT-4 szelvény menti amplitúdó anomáliák a megszokásos, szénhidrogén-ipari költségkeretek között kutathatók. Szerkezetüknek, kiterjedésüknek, perspektívásuknak meghatározására kisfrekvenciás szeizmikus, továbbá magnetotellurikus mérések, és ezek megfelelő eredménye esetén fúrásos kutatás javasolható. Mindkét amplitúdó anomália mély medence peremén található, valószínűleg a szénhidrogén keletkezés, érés, migráció, tárolás és csapdaszerkezet szempontjából kedvező helyen [BÉRCZI 1994, POSGAY et al. 1993]. Ezek eredményes megkutatása további medencealjzat-beli amplitúdó anomáliák megtalálását is eredményezhetné, ami *mind a nyersanyagkutatást, mind a jelentésben vázolt téma tudományos megoldását elősegíthetné.*

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönjük az alábbi hatóságoknak és intézményeknek, hogy támogatásukkal az ismertetett kutatást lehetővé tették:

- Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich,
- Központi Földtani Hivatal,
- Magyar Geológiai Szolgálat,
- Magyar Olaj- és Gázipari Rt.,
- Ministry of Energy, Mines and Resources of Canada,
- Országos Tudományos Kutatási Alap.

Különösen köszönjük az ELGI vezetőinek és kollektívájának lelkes munkáját, akik a terepi mérések kiváló megszervezésével és kivitelezésével, a gondos számítógépes feldolgozással és értelmezéssel, a jelentés összeállításában nyújtott segítséggel a leírt eredmények elérését lehetővé tették.

### HIVATKOZÁSOK

- ALBU I. 1994: Jelentés a geotermikus rezervoárok és a szeizmikus amplitúdó anomáliák, valamint a szerkezeti viszonyok közötti kapcsolatok vizsgálatáról. 1875. sz. OTKA téma adattára
- ALBU I., PÁPA A. 1992: Application of high-resolution seismics in studying reservoir characteristics of hydrocarbon deposits in Hungary. *Geophysics* **57**, 1068–1088
- ALFÖLDI L., BÖCKER T., LORBERER Á. 1977: Magyarország karbonátos-repedezett hévíztároló

- lóinak hidrogeológiai jellemzői. Magyarország hévízkútjai, VITUKI, Budapest, 3, 17–28
- ÁDÁM A. 1980: Statisztikus összefüggések az elektromos vezetőképesség eloszlás és a töréses tektonika között a Dunántúlon. *Magyar Geofizika* **XXI**, 3, 95–107
- ÁDÁM A. 1992: A dunántúli elektromos vezetőképesség anomália földtani és módszertani jelentősége. *Értekezések, emlékezések. Akadémiai Kiadó, Budapest*
- ÁDÁM A. 1994: Jelentés a jólvezető képződmények változásának kutatásáról magnetotellurikus mélyszondázással. 1875. sz. téma adattára
- ÁDÁM A., VERŐ J. 1967: A magyarországi elektromágneses mérések újabb eredményei. *Geof. Közl.* **16**, 25–52
- ÁDÁM A., NAGY Z., NEMESI L., VARGA G. 1990: Crustal conductivity anomalies in the Pannonian Basin. *Acta. Geod. Geoph. Mont. Hung.* **25**, 279–290
- ÁDÁM A., SZARKA L., STEINER T. 1993: Magnetotelluric approximations for the asthenospheric depth beneath the Békés Graben, Hungary. *J. Geomag. Geoelectr.* **45**, 761–773
- BÉRCZI I. 1994: Application of deep seismic surveys in oil and gas exploration in the Hungarian part of the Pannonian Basin. 6th Int. Symp. on Seismic Refl. Probing of the Cont. and their Margins, Budapest. Program and abstracts, p. 16
- BROWN L. D., CHAPIN C. E., SANFORD A. R., KAUFMAN S., OLIVER J. 1980: Deep structure of the Rio Grande rift from seismic reflection profiling. *J. of Geoph. Res.* **85**, 4773–4800
- DE VOOGD B., SERPA L., BROWN L., HAUSER E., KAUFMAN S., OLIVER J., TROXEL B. W., WILLEMIN J., WRIGHT L. A. 1986: Death Valley bright spot: a midcrustal magma body in the southern Great Basin, California. *Geology* **14**, 64–67
- DE VOOGD B., SERPA L., BROWN L. 1988: Crustal extension and magmatic processes: COCORP profiles from Death Valley and the Rio Grande rift. *Geol. Soc. of Am. Bull.* **100**, 1550–1567
- DZWINEL J. 1983: Fundamental concept and practical aspects of cybernetic system for direct exploration of mineral deposits. *Acta Geoph. Polnica.* **31**, 297–315
- HAJNAL Z., REILKOFF B., POSGAY K., HEGEDŰS E., TAKÁCS E., ASUDEH I., MUELLER St., ANSORGE J., DE IACO R. 1996: Crustal scale extension in the Central Pannonian Basin. *Tectonophysics, Közlés alatt*
- HORVÁTH F. 1994: Kéregszerkezeti anomáliák kimutatása és értelmezése. 1875. téma adattára
- KOVÁCSVÖLGYI S. 1994: A Békési medence gravitációs és földmágneses anomáliáinak értelmezése az újabb ismeretek tükrében. *Magyar Geofizika* **35**, 90–94
- KOZLOVSKY Ye. A. 1987: *The Superdeep Well of the Kola Peninsula.* Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
- LÜSCHEN E. 1994: Crustal „bright spots” and anisotropy from multi-component P- and S-wave measurements in Southern Germany. *Tectonophysics* **232**, 343–354
- LÜSCHEN E., WENZEL F., SANDMEIER K. J., MENGES D., RÜHL Th., STILLER M., JANOTH W., KELLER F., SÖLLNER W., THOMAS R., KROHE A., STENGER R., FUCHS K., WILHELM H., EISBACHER G. 1987: Near-vertical and wide-angle seismic surveys in the Black Forest, SW Germany. *J. Geophys.* **62**, 1–30
- LÜSCHEN E., SOBOLEV S., WERNER U., SÖLLNER W., FUCHS K., GUREVICH B., HUBRAL P. 1993: Fluid reservoir beneath the KTB drillbit indicated by seismic shear-wave observations. *Geoph. Res. Letters* **20**, 923–926
- MAJKUTH T. 1983: Jelentés a Bokod III — Márkushegy-Ny reménybeli eocén szénterület 1982. évi előkészítő geofizikai méréseiről. ELGI adattár
- MCKENZIE D. 1978: Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary Sci. Let.* **40**, 25–32
- NAGY Z. 1992: Advances in integrated interpretation of seismics with magnetotellurics. 54th EAEG Meeting, Paris
- NAGY Z., LANDY I., PAP S., RUMPLER J. 1992: Results of magnetotelluric exploration for geothermal reservoirs in Hungary. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **27**, 87–101
- NEMESI L. 1992: Jelentés az OTKA pályázat keretében 1992-ben végzett munkákról. (Kis fajlagos ellenállású képződmények a harmadkori medence aljzatában, az aljzat felszínén, vagy annak közelében.) 1875. téma adattára
- NYITRAI T. 1975: A Bakony hegység É-i pereme (a rédei és Sur-akai maximum). ELGI adattár
- PÁPA A., RÁNER G., TÁTRAI M., VARGA G. 1990: Seismic and magnetotelluric investigation on a network of base lines. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **25**, 309–323
- POSGAY K. 1975: Mit Reflexionsmessungen bestimmte Horizonte und Geschwindigkeitsverti-

- lung in der Erdkruste und im Erdmantel. *Geophys. Trans.* **23**, 13–17
- POSGAY K. 1991: A mélylitoszféra szerkezeti elemeinek vizsgálata szeizmikus reflexiók módszerrel. Doktori munkásság tézises összefoglalója. MTA könyvtár. ELGI könyvtár
- POSGAY K. 1995: Zárójelentés „A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása” c. 1875. sz. OTKA pályázatról. ELGI adattár
- POSGAY K., SZENTGYÖRGYI K. 1991: A litoszférát harántoló eltolódásos törésrendszer a Pannon medence keleti részén. *Magyar Geofizika* **32**, 1–15
- POSGAY K., HEGEDŰS E., SZALAY Á., TAKÁCS E., TÍMÁR Z. 1993: Structure of the Pannonian lithosphere and utilization of deep reflection results in prospecting for hydrocarbons. 8th Meeting of AEGS, Budapest, Abstr., p. 82
- POSGAY K., BODOKY T., HEGEDŰS E., KOVÁCSVÖLGYI S., LENKEY L., SZAFIÁN P., TAKÁCS E., TÍMÁR Z., VARGA G. 1995: Asthenospheric structure beneath a Neogene basin in SE Hungary. *Tectonophysics. Közlés alatt*
- POSGAY K., TAKÁCS E., SZALAI I., BODOKY T., HEGEDŰS E., JÁNVÁRINÉ K. I., TÍMÁR Z., VARGA G., BÉRCZI I., SZALAY Á., NAGY Z. PÁPA A., HAJNAL Z., REILKOFF B., MUELLER St., ANSORGE J., DE IACO R., ASUDEH I. 1996: International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. *Geoph. Trans. Közlés alatt*
- PRATT T., HAUZER E., HEARN T., RESTON T. 1991a: COCORP seismic investigations of the Surrency Bright Spot beneath the Southern Appalachians, USA. *In: MEISSNER R., BROWN L., DÜRBAUM H.-J., FRANKE W., SEIFERT F. (Eds) Continental Lithosphere: Deep Seismic Reflections. AGU, Geodyn. Ser.* **22**, 1–7
- PRATT T. L., HAUSER E. C., HEARN T. M., RESTON T. J. 1991b: Reflection polarity of the midcrustal Surrency Bright Spot beneath Southeastern Georgia: testing the fluid hypothesis. *J. of Geoph. Res.* **96**, 10145–10158
- PRATT T. L., BROWN L. D., MONDARY J. 1993: AVO and fluids in the deep crust: A COCORP case study. *The Leading Edge, March*, 186–192
- RÁNER G., HEGEDŰS E., KÓNYA A. 1976: Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Az ELGI 1975. évi jelentése, 31–33
- RÁNER G., ÁDÁM O., VARGA G., ALBU I., MAJKUTH T., NEMESI L., R. TÁTRAI M. 1983: Földtani Alapszelvények geofizikai vizsgálata. Az ELGI 1982. évi jelentése, 66–71
- RÁNER G., ÁDÁM O., HAAS J., NEMESI L., R. TÁTRAI M., VARGA G. 1984: Földtani Alapszelvények geofizikai vizsgálata. Az ELGI 1982. évi jelentése, 37–44
- R. TÁTRAI M. 1994: Szeizmikus amplitúdó anomália a Dunántúli-középhegységben. A jelenség sajátosságai, vizsgálata transzverzális hullámokkal, kapcsolata a kismélységű magnetotellurikus jólvezető összlettel. 1875. téma adattára
- SÍPOS J. 1995: A szeizmikus mérések laterális felbontásának vizsgálata. *Magyar Geofizika, közlés alatt*
- STEGENA L. 1995: A magyarországi „bright spot”-ok egy lehetséges magyarázata. *Magyar Geofizika* **1**, 75–76
- STEGENA L., HORVÁTH F., LANDY K., NAGY Z., RUMPLER J. 1994: High-temperature geothermal reservoir possibilities in Hungary. *Terra Nova* **6**, 282–288
- SZABADVÁRY L., HOFFER E., NYITRAI T., RÁNER G., REZESSY G., SZALAI I., TÓTH Cs. 1975: Komplex geofizikai kutatás a Dunántúli Középhegységben. Az ELGI 1974. évi jelentése, 11–22
- SZAFIÁN P., LENKEY L. 1994: Gravitációs és geotermikus modellszámítások a Pannon geotraversz mentén. 1875 téma adattára
- TAKÁCS E. 1995: Pretercier medencealjzaton belüli amplitúdó anomáliák lehetséges földtani okainak vizsgálata. *Magyar Geofizika, közlés alatt*
- VARGA G. 1977: Új paleozoós, jólvezető képződmények kutatása a Dél-Dunántúlon. ELGI adattár
- VARGA G. 1992: Nagy entalpiájú geotermikus rezervoárok kutatásának vizsgálata magnetotellurikus mérésekkel. ELGI adattár
- VARGA G., NEMESI L. 1994: A Békési medence és a Makói árok mélyszerkezete az újabb magnetotellurikus mérések és 2-D inverzió alapján. 1875 téma adattára
- WERNICKE B. 1981: Low-angle normal faults in the Basin and Range Province: nappe tectonics in an extending orogen. *Nature* **291**, 645–648

# A hullám-részecske kölcsönhatás tanulmányozása a Föld körüli térségben

BENCZE PÁL<sup>1</sup> (témavezető), FERENCZ CSABA<sup>2</sup>, HAMAR DÁNIEL<sup>2</sup>, HEGYMEGI LÁSZLÓ<sup>3</sup>, KOVÁCS KÁROLY<sup>1</sup>, KÖRMENDI ALPÁR<sup>3</sup>, LICHTENBERGER JÁNOS<sup>2</sup>, MÁRCZ FERENC<sup>1</sup>, SÁTORI GABRIELLA<sup>1</sup>, TARCSAI GYÖRGY<sup>2</sup>

P. BENCZE, CS. FERENCZ, D. HAMAR, L. HEGYMEGI, K. KOVÁCS, A. KÖRMENDI, J. LICHTENBERGER, F. MÁRCZ, G. SÁTORI, G. TARCSAI: The study of the wave particle interaction in the Earth's environment

*In this paper the results of a project are described which aimed at the study of the wave-particle interaction in the Earth's environment. The investigations are carried out by means of the study of the storm after effect observed in ionospheric absorption of radio waves, by the recording of the Schumann resonance frequencies, by the recording of Trimpfi effects and whistlers. The effect of wave-particle interaction due to the precipitation of energetic charged particles is shown by all these methods and enable the detailed study of the wave-particle interaction.*

OTKA nyilvántartási szám: TO 3091

A Föld körüli térségbe a Napból energia két úton kerülhet. Az egyik a Nap elektromágneses sugárzása, tehát sugárzási energia. A másik a Nap részecske sugárzása, amely korpuszkuláris energiaként kerül a légkörbe. Az elektromágneses sugárzás hatása a légkörben többé-kevésbé tisztázott. Nem mondhatjuk el ugyanezt a részecske sugárzásról. A korpuszkuláris energia a részecskék energiájától függően vagy közvetlenül, a Föld Nap felé néző oldalán, vagy a magnetoszféra napszél és a geomágneses tér közötti kölcsönhatás eredményeként kialakuló csóvája felől kerül a Föld körüli térségbe. Az így bejutott energia a csóva tengelyének síkjában kialakuló plazmarétegben időlegesen tárolódik, ahonnan az energiát hordozó részecskék részben közvetlenül a sarki fényövebe, részben a geomágneses egyenlítő síkjában kialakuló gyűrűáramba kerülnek. Időlegesen tárolódik korpuszkuláris energia a sugárzási övezetekben is. Az időlegesen tárolódó energia a gyűrűáramból alacsony szélességeken a gyűrűáramot alkotó  $O^+$ ,  $He^+$  és  $H^+$  ionok, valamint a külső légkör hidrogénatomjai közötti töltéscsere reakció

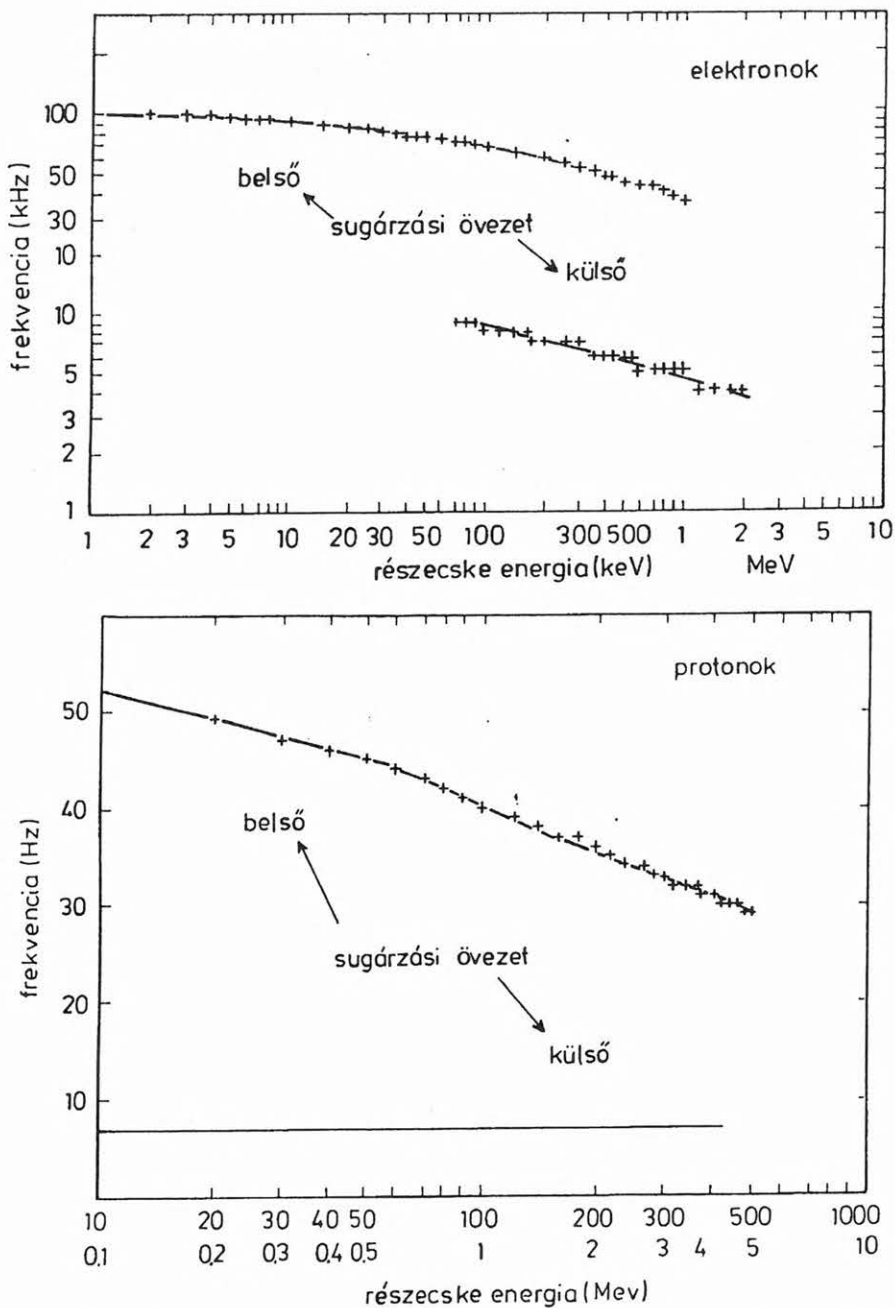
útján, a sugárzási övezetekből a geomágneses tér zárt erővonalainak térségében hullám-részecske kölcsönhatás útján kerülhet a légkörbe. A Föld körüli térségbe bejutott korpuszkuláris energia egy része el is távozik, más része az utóbb említett folyamatok közvetítésével a légkörbe kerül.

A hullám-részecske kölcsönhatás plazma-, illetve elektromágneses hullámok és az elektromos töltéssel rendelkező részecskék jelenlétét feltételezi. Ilyen plazmahullámok pl. a geomágneses pulzációk, elektromágneses hullámok pl. a légköri elektromos kisülések, a villámok sugárzása. A hullám-részecske kölcsönhatás akkor jön létre, ha a hullámok periódusa, illetve frekvenciája megegyezik a részecskék karakterisztikus periódusával (pl. erővonal körüli giromozgásának periódusával), vagy annak egész számú többszörösével. Ebben az esetben ion, vagy elektron ciklotron rezonanciáról beszélünk (1. ábra). A folyamatban az ion vagy elektron energiát ad át a hullámnak. Ennek következtében a részecske sebességének erővonal menti komponense az erővonalra merőleges komponenshez viszonyítva megnő, behatolási mélysége és így semleges molekulával való ütközésének valószínűsége is növekszik. Az ütközés eredményeként a részecske a geomágneses tér által korlátozott állapotából kiszabadulva a légkör sűrűbb rétegeibe csapódik, ott adja le energiáját. A részecske precipitáció hatásának tanulmányozása az ionoszférában a pályázat keretében a rádióhullámok

<sup>1</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, H-9400 Sopron, Csatka u. 6-8.

<sup>2</sup>ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

<sup>3</sup>Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.



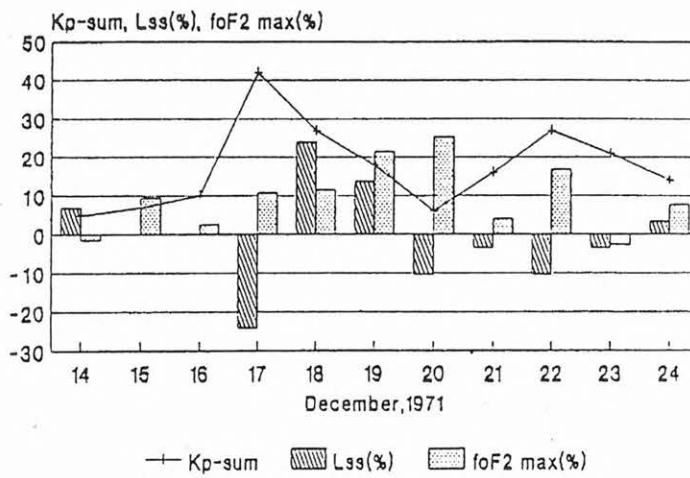
1. ábra. Az ion-, illetve elektron-ciklotron rezonancia létrejöttéhez szükséges hullámfrekvencia és a részecske-energia közötti összefüggés

Fig. 1. Relation between the wave frequency necessary for the formation of ion-, and electron resonance, respectively and the particle energy

terjedésének segítségével, a geomágneses vihar utóhatás (MTA GGKI), a Schumann-rezonancia frekvenciák (MTA GGKI) és a Trimpfi-effektus, valamint whistlerek (ELTE, ELGI) megfigyelése útján történt.

1971. december 18-án viszonylag nagy volt a mágneses tevékenység ( $\sum K_p = 27$ ), azt követően december 19-én és 20-án viszont jelentősen csökkent. Megállapítható, hogy a nagy mágneses tevékenységű napon (december 18-án) a plazmaszférikus elektron-

sűrűség az  $L > 2$  tartományban megnövekedett értékekkel jelentkezik a kicsi mágneses tevékenységű napokra meghatározott értékekhez viszonyítva. A 2. ábra 11 napos időszak folyamán mutatja be a geomágneses tevékenység ( $\sum K_p$ ), a Kühlungsbornban (Németország) napnyugtakor mért ionoszférikus abszorpció ( $L_{SS}$ ), valamint a Juliusruhban (Németország) meghatározott  $f_oF2_{max}$  változását. A geomágneses tevékenység december 17-én megjelenő maximumát ( $\sum K_p = 42$ ) követően utóhatás lép fel az



For sunset absorption and foF2 max:  
departures from the actual monthly  
medians are in percents

2. ábra. A napnyugtakor mért ionoszférikus abszorpció ( $L_{ss}$ ),  $foF2_{max}$  és a  $K_p$  geomágneses index változása

Fig. 2. Variation of the ionospheric absorption measured at sunset ( $L_{ss}$ ),  $foF2_{max}$  and the geomagnetic activity index  $K_p$

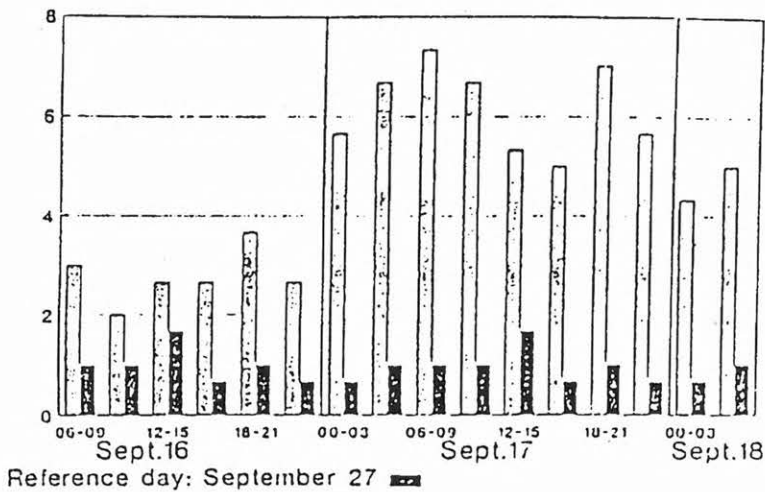
alsó ionoszférában, amit az abszorpció növekedése jelez december 18-án és 19-én. A hullám-részecske kölcsönhatás eredményeként a plazmaszférából az ionoszférába kicsapódó elektronok hatásának tulajdonítható abszorpció-növekedés szempontjából a plazmaszférikus elektronsűrűség széles L-tartományban jelentkező növekedése december 18-án, ténylegesen kedvező feltételt teremthetett az alsó ionoszférában az utóhatás kialakulására. az  $foF2_{max}$ -nak a geomágneses háborgás utáni néhány napos növekedése pedig azt jelzi, hogy az utóhatás a felső ionoszférában is megjelent.

A nagyeceni obszervatóriumban Schumann-rezonanciák alapmódusának frekvenciáját esetenként befolyásolja a geomágneses aktivitás. A 3. ábrán bemutatott két esetben a Nagyecenen mért aktuális napi frekvenciamenet mintegy 0,1–0,3 Hz-nyi elcsúszást mutat a nagyobb frekvenciák irányába a  $K_p \geq 4$  geomágneses indexszel jellemzett napokon. A tapasztalt frekvenciacsúszást a középső légkörbe (50–60 km-es magasságba) kiszóródott magnetoszférikus relativisztikus elektronokkal hoztuk összefüggésbe, amelyet műholdas mérések megerősítettek. Ezek az elektronok esetenként uralkodó ionizációs összetevőt jelentenek a középső légkörben közepes és magas szélességen. A  $K_p$ -index jó indikátora a relativisztikus elektronok külső magnetoszféra-beli jelenlétének, míg az első rezonancia-módus frekvenciacsúszása jó indikátora a középső légkörbe (az ionoszféra aljába) kiszóródott relativisztikus elektronoknak.

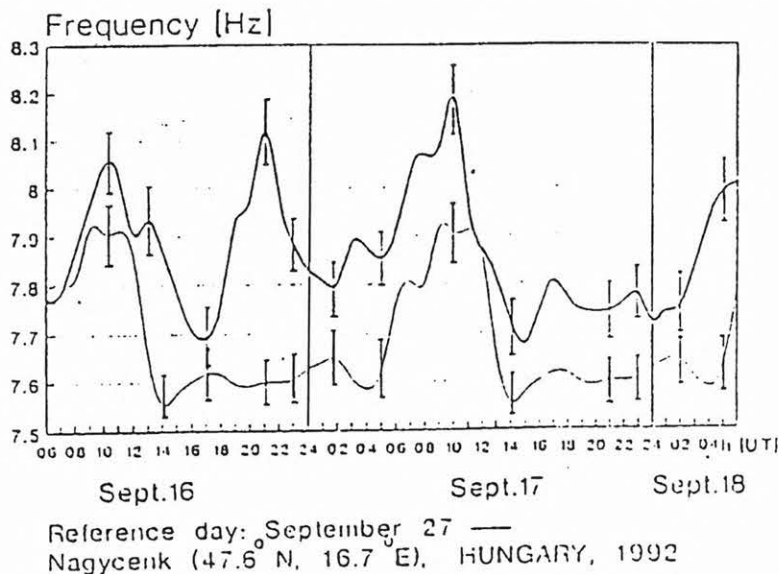
Trimpi-effektusnak azt a jelenséget nevezzük, amikor légköri elektromos kisülések, villámok által

kisugárzott elektromágneses hullámok hoznak létre olyan részecskekicsapódást, amely földi adók VLF rádióhullámainak terjedésében észlelhető. Ez csak úgy képzelhető el, hogy a fővillámnak megfelelő elektromágneses impulzus whistler módon, tehát a geomágneses erővonalak mentén terjedő része a hullám-részecske kölcsönhatás útján elektronok kiválását idézi elő dipól mágneses térben létrejövő befogott helyzetükből. A geomágneses térből szabadra váló elektronok a légkör 60 és 90 km közötti magasságtartományában az ionizáció növekedését okozzák. A Trimpí-effektus a VLF rádióhullámok amplitúdójának kb. egy percre tartó növekedéseként, vagy csökkenéseként nagyrészt csak a késő délutáni óráktól kora hajnalig tartó időszakban észlelhető (4. ábra). Általában a rádióhullámok fázisában is kimutatható. A hullámterjedés törvényei alapján arra a következtetésre lehet jutni, hogy azoknak a trimpiknek az esetében, amelyek a rádióhullámok amplitúdójának a növekedéseként jelentkeznek, a rádióhullámok a részecske kicsapódás által okozott megnövekedett ionizációjú rétegről verődnek vissza. Azoknak a trimpiknek az esetében viszont, amelyek a rádióhullámok amplitúdójának csökkenéseként észlelhetők, a rádióhullámok a részecskekicsapódás által okozott, megnövekedett ionizációjú rétegben, vagy e réteg felett verődnek vissza. Így a megnövekedett ionizációjú réteg a rádióhullámok abszorpcióját és a rádióhullám amplitúdójának a csökkenését idézi elő. Az Érden elkezdett mérések során sikerült olyan Trimpí-effektusokat is regisztrálni, amelyek fázisváltozással is jártak és fenti állításaink helyességét erősítik meg. Ezek az esetek a fázis

Kp-indices  
September 16-18, 1992



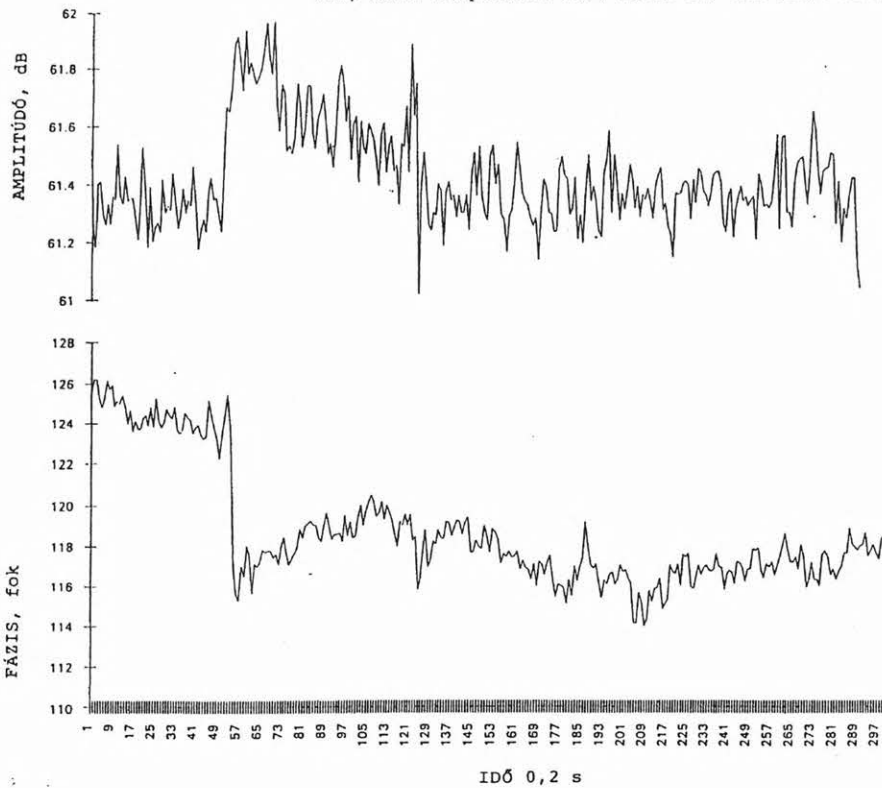
Variations of Schumann-resonances  
First mode - Vertical electric component



3. ábra. Schumann-rezonanciák alapl módusa frekvenciájának változása a geomágneses tevékenységgel  
Fig. 3. Variation of the first mode of the Schumann resonances with geomagnetic activity

néhány foktól néhányszor tíz fokig terjedő csökkenését vagy növekedését, az amplitúdó néhány tízed dB-től néhányszor tíz dB-ig terjedő növekedését vagy csökkenését mutatták. Mivel az amplitúdó növekedéssel egyidejűleg a fázis csökken, ami a terjedési út rövidülését jelzi, a rádióhullámok az ionizáció növekedés által érintett magasságtartományról verődnek vissza. Így az abszorpció csökken, a rádióhullámok amplitúdója növekszik. A pozitív fázis-perturbációhoz legtöbbször negatív amplitúdó perturbáció társult (5. ábra). A rádióhullámok az ioni-

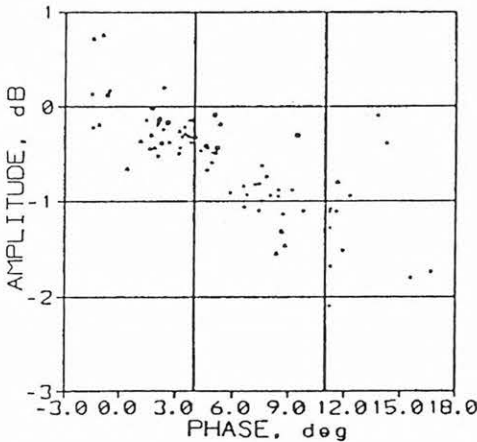
záció növekedés által érintett magasságtartományon belül, vagy felette verődnek vissza. A fázisnövekedés ugyanis a terjedési út növekedését, az amplitúdó csökkenés a rádióhullámok abszorpciójának növekedését jelzi. Ami a Trimpfi-effektus nagyrészt éjszakai észlelhetőségét illeti, abban nappal a jel/zaj viszony csökkenésén kívül az ionoszféra állapotában bekövetkező változásoknak is szerepe van. Napkeltével ugyanis a Nap elektromágneses sugárzásának hatására megindul az elektronleválás és ezzel az elektronsűrűség növekedése a 60–90 km-es ma-



4. ábra. Trimpi-effektus a VLF rádióhullámok amplitúdójában és fázisában

Fig. 4. Trimpi-effect as shown by the amplitude and phase of VLF radio waves

PHASE AND AMPLITUDE PERTURBATIONS  
 Transmitter: NAA,  $f=24$  kHz  
 Erd (Hungary), 19-20 December 1992 \*  
 4-5 February 1992  
 19 February 1992



5. ábra. A Trimpi-effektussal összefüggő amplitúdó- és fázisperturbáció közötti kapcsolat

Fig. 5. The relation between amplitude and phase perturbations due to the Trimpi effect

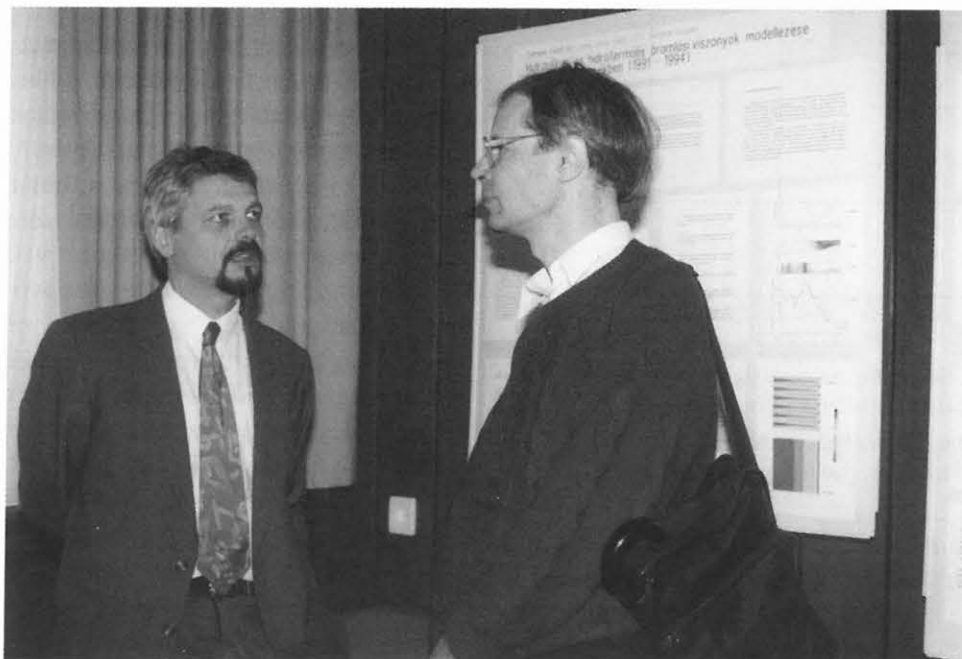
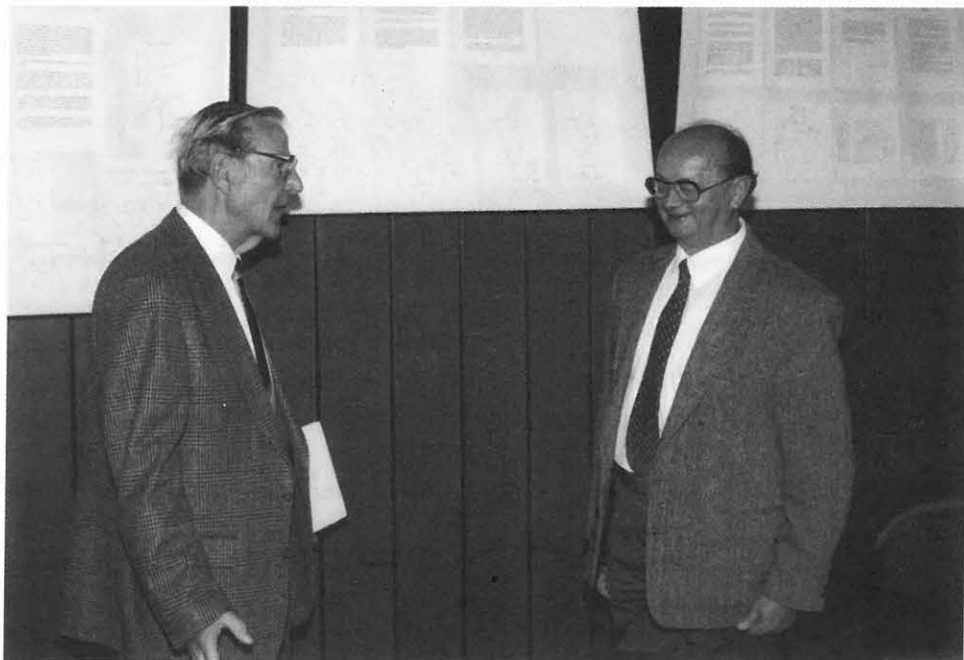
A whistlerek regisztrálásával kapcsolatban a tihanyi obszervatóriumban egy új whistler vevőberendezés kialakításán fáradoztak. A feladat a régi berendezés elöregedése, korszerűtlenné válása miatt vált aktuálissá. A regisztrálás részben analóg, részben digitális formában történt. Kísérleteket végeztek a whistlerek 20 kHz-nél magasabb frekvenciájú részének az észlelésére, azonban a whistler jelet a VLF adók sávján át már nem tudták követni. Ehhez erre a célra kifejlesztett digitális technikára van szükség. A hasznos jelek tanulmányozása tehát szükségessé teszi a zajok vizsgálatát. A whistlerek és a hullám-részecske kölcsönhatással összefüggő, az elektromágneses hullámok paramétereiben mutatkozó változások észlelése szempontjából számításba jövő VLF tartományban az elvégzett vizsgálatok szerint a zajok három csoportra oszthatók. Ezek a hálózati frekvenciának megfelelő 50 Hz-es zaj, amely a földhurkok kiküszöbölésével, lyukszűrők alkalmazásával kiküszöbölhető. A második zajforrást 10 és 25 kHz között maguk a VLF adók jelentik. Ezek amplitúdója egy markáns whistler amplitúdójánál 5–20-szor nagyobb lehet. A harmadik zajforrás a VLF adók jeleinek interferenciájától származik, 1 és 5 kHz között jelentkezik, tehát beleesik a whistlerek frek-

gasságtartományban. Ilyen erős elektronsűrűség növekedés mellett a Trimpi-effektus által előidézett ionizáció növekedés elhanyagolhatóvá válik.

venciatartományába. A VLF és egyéb műsorszóró adók interferenciái a túlvezérlés és a nemlineáris átviteli tartomány elkerülésével nagymértékben csökkenthetők.

A zajok egyidejű csökkentésének lehetősége, a jel/zaj viszony növelése nemcsak az alkalmazott vevőberendezés konstrukcióján múlik. Az előbbieken felsorolt zajforrások lehetőséget nyújtanak arra, hogy azok hatását a saját terjedési viszonyaik figyelembevételével csökkentsük. A zajforrások közül a VLF adók jelei és így jeleik interferenciája útján keletkezett „zajra” is ez vonatkozik, más úton terjednek, mint a whistlerek, illetve a whistler módon

terjedő más elektromágneses hullámok. A VLF adók jelei a Föld-ionoszféra hullámvezetőben terjednek. Ha a rádióhullámok az alsó ionoszférában megnövekedett elektronsűrűségű rétegben vagy réteg felett verődnek vissza, a rádióhullámok amplitúdója csökken. Ilyen eset áll elő napközben, a D tartomány elektronsűrűségének növekedésével vagy a részecske precipitáció eredményeként keletkező, megnövekedett elektronsűrűségű réteg megjelenésével. Ha a rádióhullámok a megnövekedett elektronsűrűségű rétegről verődnek vissza, az amplitúdó növekszik. Ugyanakkor ezek a változások a whistlerek terjedését alig befolyásolják.



# Természetes és mesterséges elektromágneses terek kölcsönhatása

SZARKA LÁSZLÓ<sup>1</sup> (témavezető), ÁDÁM ANTAL<sup>1</sup>, STEINER TIBOR<sup>1</sup>, PÁSZTOR PÉTER<sup>1</sup>,  
WESZTERGOM VIKTOR<sup>1</sup>, PRÁCSER ERNŐ<sup>2</sup>

L. SZARKA, A. ÁDÁM, T. STEINER, P. PÁSZTOR, V. WESZTERGOM, E. PRÁCSER: Interaction between electromagnetic fields of natural and man-made origin

OTKA nyilvántartási szám: 1173

## I. A kidolgozott elméletek, módszerek, eljárások leírása

A téma kidolgozása 1991-ben több párhuzamos szálon kezdődött el:

### 1. Elektromágneses elmélet

1.1. Elméleti vizsgálatokat végeztünk a töltéshatással [SZARKA 1992], a magnetotellurikus látszólagos fajlagos ellenállás definíciókkal [SZARKA 1994] kapcsolatban.

Elemeztük a magnetotellurikában használt értelmezési paraméterek háromdimenziós modellek fölötti sajátságait; bevezettünk néhány eddig még nem alkalmazott értelmezési paramétert és (analog modellezéssel, valamint elméleti megfontolások útján) vizsgáltuk ezek fizikai hátterét, illetőleg zajviszonyok közötti megbízhatóságát [SZARKA et al. 1994a, b, c].

1.2. Kidolgoztunk egy, az asztenoszféra torzítatlan mélységbecslésére vonatkozó eljárást. Numerikus és analog modellezési tapasztalatok alapján ui. található olyan H-polarizációs helyzet, amelyben korrekciók nélkül viszonylag korrekt mélységérték adható [ÁDÁM et al. 1993].

1.3. AMT-jelek analízise alapján (az alpi AMT-mérések anyagából) kísérletet tettünk a mesterséges és a természetes eredetű komponensek szétválasztására.

## 2. A finnországi eredetű, ún. indukciós kockázati vizsgálatokból kiindulva

2.1. kidolgoztuk a sarki elektrojet analog modellezésének soproni laboratóriumunkban megvalósítható lehetőségét [KAURISTIE et al. 1991]. Az 1991-től kezdve — finn együttműködésben — folyamatosan végzett modellmérések is bizonyítják, hogy ez a módszer a Balti pajzs laterális vezetőképesség-inhomogenitásai által okozott magnetotellurikus és geomágneses anomáliák tanulmányozásának egyedülálló módszere,

2.2. elméleti módszert dolgoztunk ki a magyarországi viszonyokra jellemző vezetőképesség-inhomogenitások hatásának becslésére [WESZTERGOM 1994].

### 3. Numerikus modellezés

3.1. Két- és háromdimenziós magnetotellurikus modellezési programokat adaptáltunk PC-re; egy- és kétdimenziós inverziós eljárásokat dolgoztunk ki [STEINER 1993].

3.2. Egy európai egyetemi konzorcium részeként megvásároltuk és adaptáltuk a Geotools-MT nevű magnetotellurikus programcsomagot.

### 4. Terepi eszközök

4.1. Laptop PC-vezérelt terepi geomágneses mélyszondázó műszert készítettünk, amellyel a geomágneses pulzációk nagy periódusú (nagy mélységű) tartománya vizsgálható.

4.2. Egy időközben elnyert osztrák—magyar projekt, tovább egy műszeres OTKA-pályázat (száma: A121) alapján, de kb. 20 százalékban ezen OTKA pályázat segítségével kidolgoztunk egy

<sup>1</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, H-9400 Sopron, Csatka u. 6-8.

<sup>2</sup>Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

tavi geoelektromos (egyenáramú szondázó, mágneses, VLF) rendszert.

- 4.3. Egy 1994-ben megismert francia újdonság alapján és az Institut de Physique de Globe (Párizs)-ból érkező együttműködési ajánlat hatására az év végére elkészült intézetünkben egy berendezés, amellyel élő fában regisztrálunk több órás, ill. napos periodicitású elektromos jeleket.

## II. Az elért eredmények ismertetése

### 1. Elmélet

Rendszerező jellegű elméleti vizsgálataink során új (azaz tézisekben megfogalmazható) tudományos eredménynek tartjuk

- a magnetotellurikus tenzor invariánsai háromdimenziós szerkezetek fölötti tulajdonságainak leírását (az ún. skew fizikai jelentésének tisztázását, miszerint komplex geometriájú 3-D modellek fölött a skew morfológiáját a két polarizációs irányhoz tartozó, eltérő mértékű áramcsatornázódás alakítja ki; a Berdichevsky-determináns alakhű és robusztus jellegének kimutatását; a belső áramirány meghatározására a SZARKA [1994]-ben részletesen leírt módszert),
- a különböző impedancia-elemek alapuló látszólagos fajlagos ellenállások viselkedésének összehasonlítását (miszerint a  $ReZ$ -ből számított látszólagos fajlagos ellenállás a legérzékenyebb a mélybeli 3-D képződményekre),
- a magnetotellurikus látszólagos fajlagos ellenállás definíciók rendszerezését, ezen belül más szerzők által újnak tartott ellenállás definíciók visszavezetését már ismert esetekre,
- a szórványos irodalmi, terepi tapasztalatok összegyűjtése és rendszerezése alapján az ún. különleges paraméter-érzékenyséű módszer-család megalapozását. A megnövekedett paraméter-érzékenységek megnövekedett hibakerékenység az ára, de — egyelőre ezt még csak analóg modellezési eredmények igazolják — található olyan elrendezések, amikor a megnövekedett paraméter-érzékenység előnyei érvényesülnek,
- hogy a Békés-medence példáján kimutattuk: H-polarizáció esetén bizonyos helyzetekben torzítatlan magnetotellurikus mélységbecslés adható,

- hogy az AMT-zajvizsgálatok analízise szerint a mesterséges és természetes eredetű jelek elkülönítése csak valószínűsíthető, de bizonyossággal meg nem oldható. A tapasztalt esetek többségében a mesterséges eredetű jelekből is a valódi AMT-hez hasonló látszólagos fajlagos ellenállás nyerhető.

### 2. A finn együttműködés keretében

- 2.1. bebizonyítottuk, hogy a Balti-pajzson az IMAGE magnetométer-hálózattal meghatározott geomágneses mélyszondázási anomáliák jellege valóban vonalszerű forrástól származik. Analóg modellezési kísérletek során meghatároztuk a forráshelyzetet és kimutattuk, hogy az óceáni parthatás a szárazföldi vezetőképesség anomáliákat elnyomja. A legfontosabb jellegzetességek már egy kétdimenziós vékonyréteg-közelítésen alapuló numerikus modellezésnél is előjönnek. Az analóg és a numerikus modellezés összevetése a terepi tapasztalatokkal a módszerek alkalmazhatósági korlátaira mutat rá. (Összefoglaló tanulmányunkat [VILJANEN, SZARKA 1995] 1995 márciusában fogadta el közlésre az Annales Geophysicae),
- 2.2. WESZTERGOM [1994] összefoglaló tanulmányában és téziseiben részletesen ismertetett módon körülhatároltuk az elektromágneses indukciós kockázatot (azaz a vezetékrendszerekben geomágneses háborgások során indukált zavaró áramok technikai következményeit) Magyarországon. Az elméleti megfontolások során STEINER [1993] számításait alkalmaztuk,
- 3—4. a numerikus modellezés és a terepi eszközépítés terén tézisekben megfogalmazható tudományos eredmények nincsenek.

## III. Publikációk, értekezések, előadások

### PUBLIKÁCIÓK

- SZARKA L. 1992: Comment on 'Aspects of charge-accumulation in DC resistivity experiments' by Y. LI and D.W. OLDENBURG. Geophysical Prospecting **40**, 823–828
- STEINER T., DILL C., SZARKA L., MÜLLER I. 1992: Comparative studies of VLF-R and VLF-EM geophysical methods; 1-D and 2-D numerical modelling at the tracer test site Wilerwald (BE, Switzerland). Bulletin de Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel **11**, 96–112

ÁDÁM A., SZARKA L., STEINER T. 1993: Magnetotelluric approximations for the asthenospheric depth beneath the Békés Graben, Hungary. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* **45**, 761–773

SZARKA L. 1994: Comment on 'Definitions of apparent resistivity for the presentation of magnetotelluric sounding data' by A.T. BASOKUR. *Geophysical Prospecting* **42**, 987–988

SZARKA L., MENVIELLE M., TARITS P., ÁDÁM A. 1994: A numerical thin sheet study of the electromagnetic field over geometrically complex high conductivity structures: The field components and their relation with some 3-D interpretation parameters. *Acta Geod. Geoph. Hung.* **29**, 81–105

VILJANEN A., SZARKA L. 1994: Analogue model studies of induction effects at auroral latitudes. *Annales Geophysicae* (megjelenőben)

ÁDÁM A., SZARKA L. 1995: Time and space relation of the ELF (AMT) signals and noise. *Acta Geod. Geoph. Hung.* **30**, 241–256

## ÉRTEKEZÉSEK

STEINER Tibor: Numerikus elektromágneses magnetotellurikus modellezés és inverzió. Kandidátusi értekezés, Sopron, 1993

SZARKA László: Háromdimenziós földtani szerkezetek geofizikai leképezésének lehetőségei elektromágneses kutató módszerekkel. Akadémiai doktori értekezés, Sopron, 1994

WESZTERGOM Viktor: A geomágneses viharok technogén hatásai. Kandidátusi értekezés, Sopron, 1994

## DIPLOMAMUNKÁK

SZALAI Sándor: Sokelektrodás egyenáramú mérések szivárgások megfigyelésére. ELTE Geofizikai Tanszék, 1993

NÉMETH László: Háromkomponenses mágneses regisztrálás fluxgate magnetométerekkel. ELTE Geofizikai Tanszék, 1993

## NEMZETKÖZI KONFERENCIÁKON TARTOTT ELŐADÁSOK

ÁDÁM A., SZARKA L., STEINER T., MENVIELLE M., TARITS P.: EM distortion over a 3-D sedimentary structure. IUGG, Bécs, 1991

KAURISTIE K., VILJANEN A., SZARKA L., WESTERGOM V., PIRJOLA R.: Source effects near an elongated conductivity anomaly. IUGG, Bécs, 1991

KOHLBECK F., SZARKA L., STEINER T., HOLLÓ L., MÜLLER I.: Lake-bottom geoelectric and waterborne VLF measurements on the Lake Fertő (Neusiedlersee). EAEG, Stavanger, 1993

SZARKA L., MENVIELLE M., ÁDÁM A., STEINER T., TARITS P.: Thin-sheet and analogue modelling of subsurface EM field over deep high-conductivity models. IAGA, Buenos Aires, 1993

WESZTERGOM V., SZARKA L., ZIEGER B.: Remarks on mid-latitude induction hazard. IAGA, Buenos Aires, 1993 (poszter)

KOHLBECK F., SZARKA L., PÁSZTOR P.: New geoelectric results on Lake Fertő (Neusiedlersee). EAEG, Bécs, 1994 (poszter)

SZARKA L., NAGY Z., SZALAI S.: CSAMT analogue modelling results. EAEG, Bécs, 1994 (poszter)

SZARKA L., MENVIELLE M., TARITS P., ÁDÁM A.: A thin-sheet numerical studies of the electromagnetic field over geometrically complex high-conductivity structure. IAGA EM indukciós konferencia, Brest, 1994

VILJANEN A., SZARKA L., SZALAI S., PIRJOLA R.: Analogue model studies of induction effects at auroral electrojet region. IAGA EM indukciós konferencia, Brest, 1994 (poszter)

SZARKA L.: Transition of 3-D CSAMT and MT anomalies between the overshooting- and the long-period domains. IUGG Boulder, 1995

# Magyar részvétel az INTERMAGNET-ben

VARGA PÉTER<sup>1</sup> (témavezető), HEGYMEGI LÁSZLÓ<sup>2</sup>, KÖRMENDI ALPÁR<sup>2</sup>,  
WESZTERGOM VIKTOR<sup>1</sup>, KOVÁCS PÉTER<sup>2</sup>, WALLNER ÁKOS<sup>1</sup>

P. VARGA, L. HEGYMEGI, A. KÖRMENDI, V. WESZTERGOM, P. KOVÁCS, Á. WALLNER:  
Hungarian observatories in a global real-time digital magnetic observatory network

OTKA nyilvántartási szám: 442

A mágneses obszervatóriumok a Föld különböző pontjain folyamatosan mérik a mágneses tér időbeli változását. A tér változásának különböző frekvenciájú összetevői vannak, melyeknek okozóit is különböző helyeken kell keresnünk. Ha ilyen vizsgálatokat akarunk végezni, alapkövetelmény, hogy megbízható adatrendszer álljon rendelkezésünkre, továbbá, hogy a mérések a lehető leginkább azonos körülmények között készüljenek és így összehasonlítható adatokat szolgáltatassanak.

Mivel az obszervatóriumok által jelenleg használt regisztráló műszerek szinte kizárólag relatív műszerek, ezért az időbeli változást megadó görbék egy pontjáról csak akkor tudjuk megmondani, hogy az mekkora térértéket jelöl, ha abszolút műszerekkel végzett mérésekkel a regisztrálóműszerek alapszintjeit meghatározzuk. Ráadásul a regisztrálóműszereket érő különböző hatások, így a hőmérséklet-változás, vagy a műszerek alapzatát adó pillérek kis-mértékű dőlése a mágneses tér hosszú idejű változásaihoz hasonló amplitúdójú és frekvenciájú változásokat adhatnak. Ezeket csak akkor tudjuk elkülöníteni a vizsgált jelenségtől, ha az abszolút műszerekkel végzett méréseket megfelelő rendszerességgel megismételjük.

A mérési adatok felhasználóinak komoly gondot jelent, ha az adatok összegyűjtése időben nagyon széthúzódik, márpedig a gyakorlat általában ezt mutatja. Vannak olyan vizsgálatok, mint például a rövid periódusú változások előrejelzése, mely egyenesen értelmetlenné válik, ha nem sikerül gyorsan hoz-

záférni a mérési adatokhoz és feldolgozni azokat.

A vázolt problémák megoldása adta az ötletet egy olyan, a lehetőségekhez mérten egységes világhálózat létrehozására, mely valós vagy legalább közel valós időben gyűjti az adatokat és egységes követelmények felállításával és bevezetésével biztosítja az azonos minőségű adatokat. Ez az INTERMAGNET.

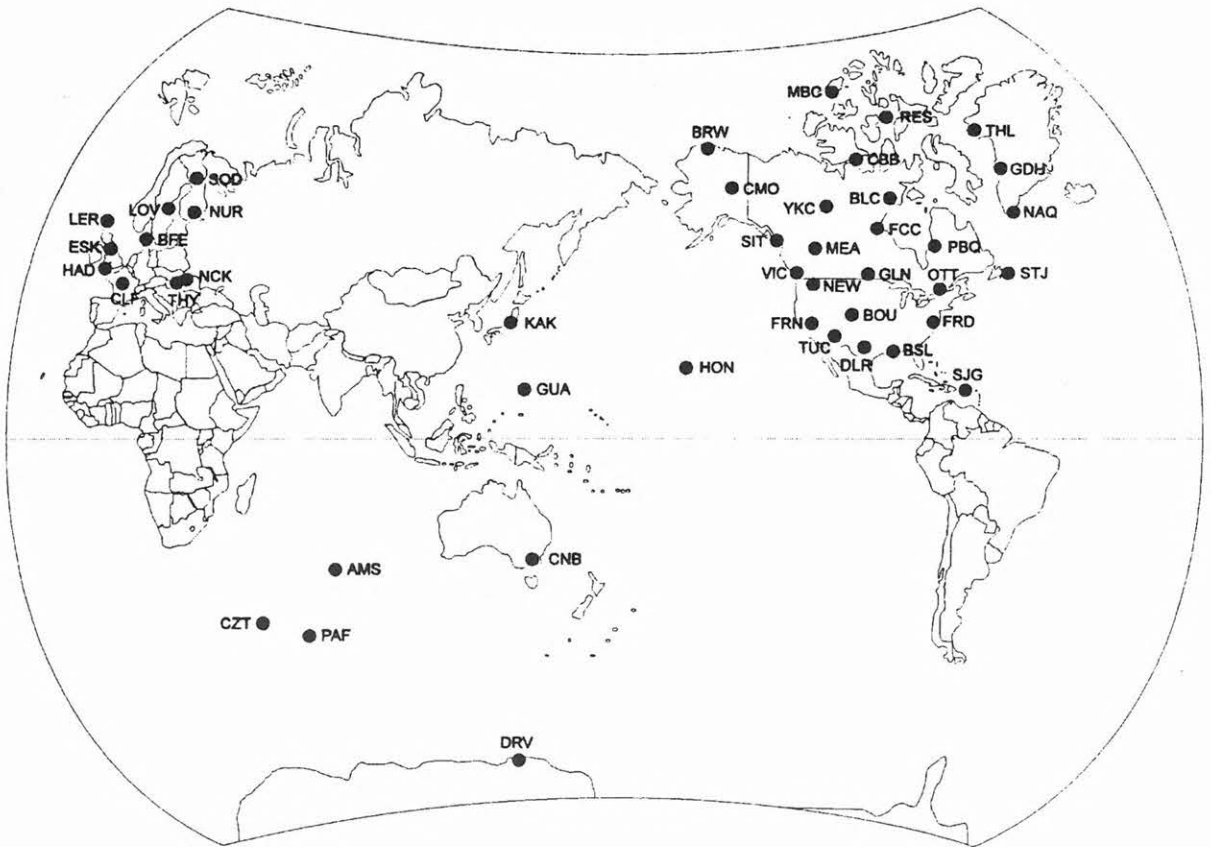
Az INTERMAGNET a szó szoros értelmében nem szervezet, hanem egy világméretű projekt, mely önkéntes résztvevők együttműködésén alapszik. A projekt irányítását a négytagú Executive Council (EXCON) végzi, míg az együttműködés gyakorlati megvalósításához szükséges technikai részletek kidolgozását és folyamatos karbantartását a kilenctagú Operations Committee (OPSCOM) végzi. Az INTERMAGNET-nek jelenleg 11 ország 43 obszervatóriuma a tagja (1. ábra).

A korábban említett egységesítés érdekében az OPSCOM kidolgozta a műszerekre és a mérések végzésére vonatkozó szabványokat és a különböző adatformátumokat, a projekt keretében végzendő munka szabályait. A tagok aktív részvételével létrehozta a regionális adatközpontokat (Geomagnetic Information Node, GIN), ahova a részt vevő obszervatóriumok eljuttatják adataikat és ahonnan a projekt résztvevői vagy külső felhasználók megkaphatják a mérési eredményeket.

Az INTERMAGNET obszervatóriumok a földi mágneses tér három komponensét és a térvektor abszolút értékét mérik folyamatosan. Ezekből a mérési adatokból, sztenderdizált eljárást felhasználva, perces értékeket számolnak, majd ezeket az adatokat mesterséges hold vagy számítógépes hálózat segítségével továbbítják a GIN-be. A GIN-ek a begyűjtött adatokat egymás között szükség szerint cserélik, így

<sup>1</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, H-9400 Sopron, Csatka u. 6-8.

<sup>2</sup>Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.



1. ábra. INTERMAGNET obszervatóriumok

a felhasználók számára az egész Földről származó adatok hozzáférhetőek.

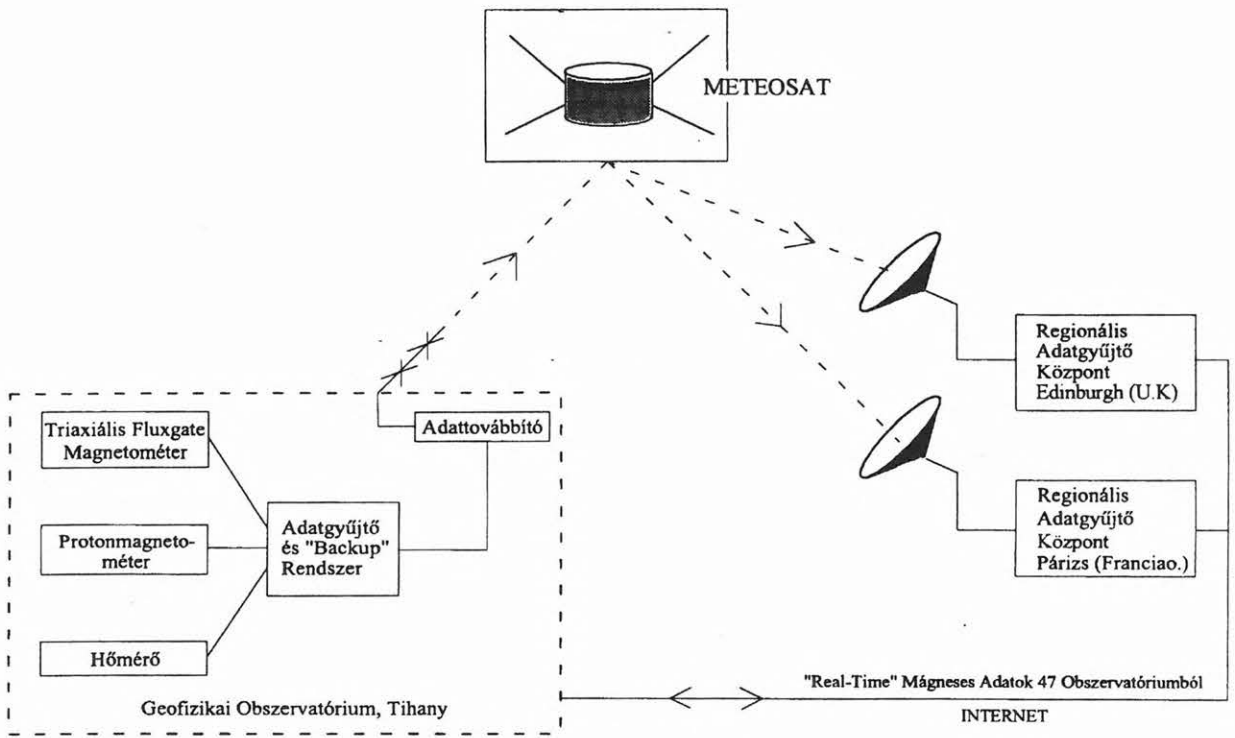
A beküldött nyers adatok még nem tartalmazzák ugyan a bázisváltozás miatti korrekciókat, de ezeknek nincs is hatásuk a rövidperiódusú összetevőkre. A hosszúperiódusú komponensek vizsgálatához pedig éves, vagy többéves adatrendszer szükséges, melyek nem érhetőek el közvetlenül a GIN-ek adatbázisán. Ezeket az adatokat az INTERMAGNET, a szükséges korrekciók elvégzése után CD-ROM-on megjelenteti. Az 1993-as CD-ROM például 46 obszervatórium egyperces adatait tartalmazza, köztük természetesen a tihanyi és nagyceki adatokat is. A mérési adatok mellett kiegészítő információként megtaláljuk az obszervatóriumok rövid leírását is és térképeken kereshetjük ki a vizsgálataink szempontjából legmegfelelőbb állomást.

Az OTKA és egy MAKÁ pályázat nyújtotta lehetőségeket kihasználva először alapos modernizálást hajtottunk végre regisztráló és feldolgozó rendszereinkben, majd a tihanyi állomás 1992 végén kezdte meg először számítógépes hálózaton keresztül a mérési adatok napi egyszeri továbbítását az Edinburgh GIN-be. Később — 1994. januártól —

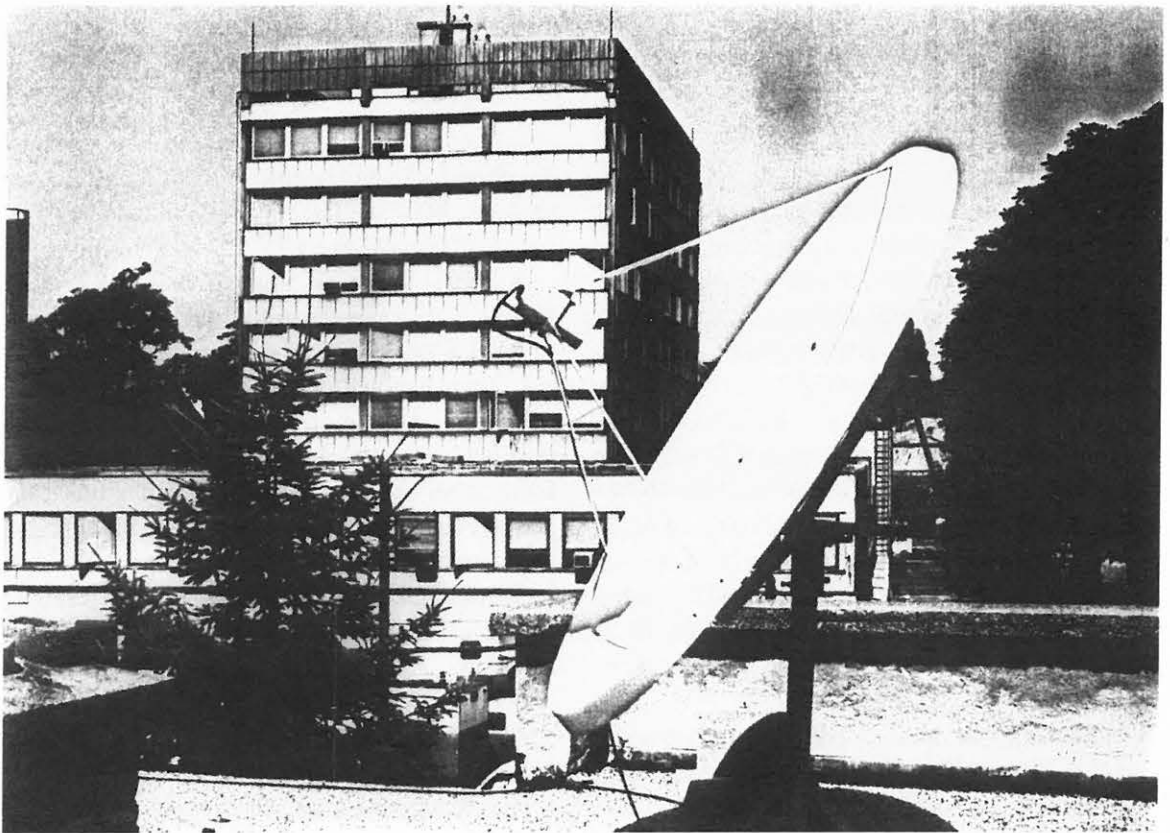
óránként a Meteosat-ra sugározza az adatokat (2. ábra). A nagyceki állomás 1994 végétől sugároz. Mérési adataink 1991-től kezdve megjelennek az INTERMAGNET CD-ROM-on.

A Meteosat földi vevőállomást 1995 tavaszán állítottuk fel és helyeztük üzembe (3. ábra). Segítségével a mesterséges hold látóterébe eső területekről, azaz Európából, Ázsiának Indiáig terjedő területeiről, Afrikából, Dél-Amerika nyugati területeiről és az Antarktisz egy részéről, valamint nagy-kiterjedésű óceáni területekről kaphatunk real-time adatokat (4. ábra). Az adatok elhelyezésére szolgáló adatbankot jelenleg készítjük és terveink szerint az intézetünknek az Internethez történő csatlakozása után közvetlen hozzáférést biztosítunk a felhasználók számára.

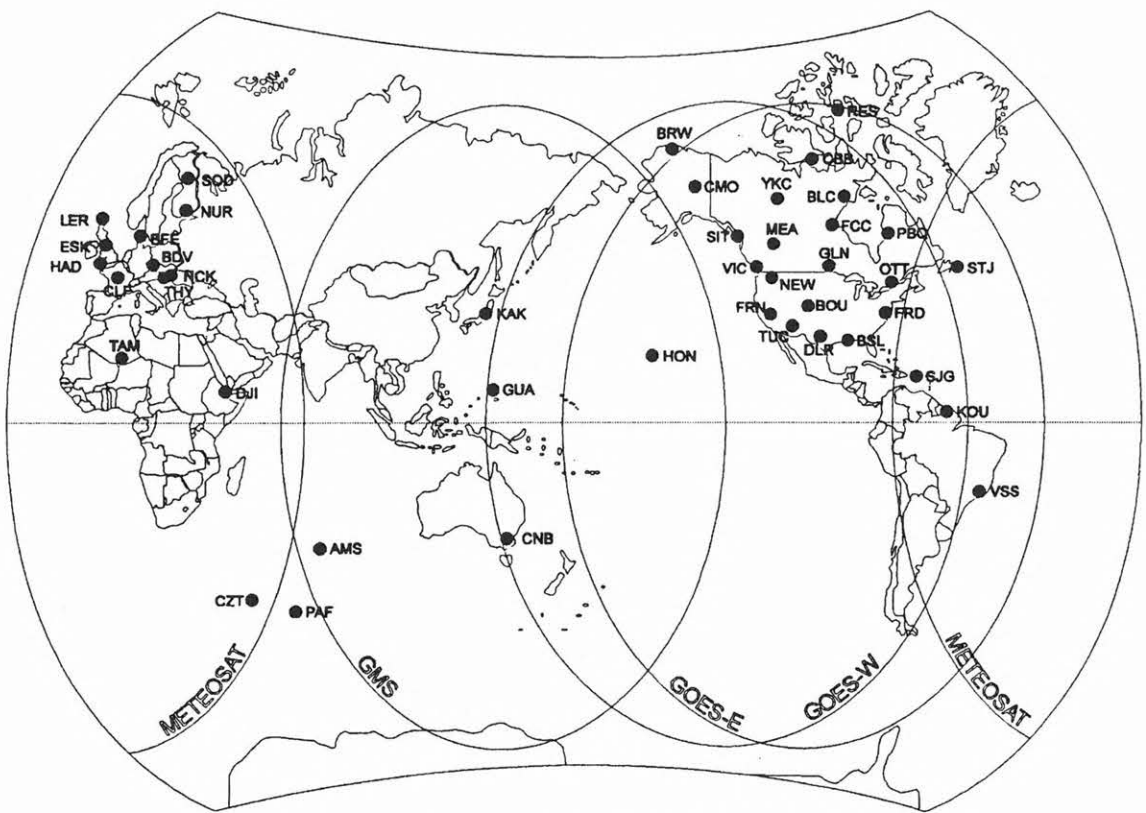
Az együttműködés önkéntes és minden résztvevő saját maga fedezi saját költségeit, azonban az adatainak átadásával jogot szerez arra, hogy az összes többi résztvevő adatait megkapja és szabadon használja. Ezt a lehetőséget felhasználva vizsgálatokat kezdtünk arra vonatkozólag, hogy leírjuk a mágneses viharok idején a magnetoszférában lejátszódó folyamatokat. Ebből a célból öt különböző obser-



2. ábra. A tihanyi állomás helye az INTERMAGNET-ben



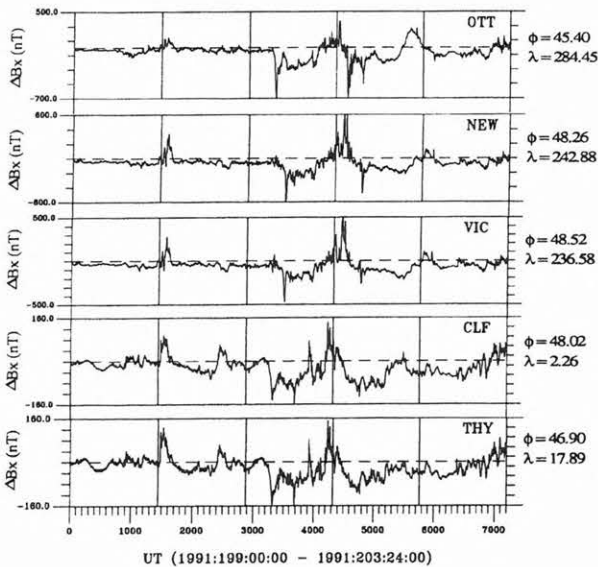
3. ábra. A budapesti Meteosat vevőállomás



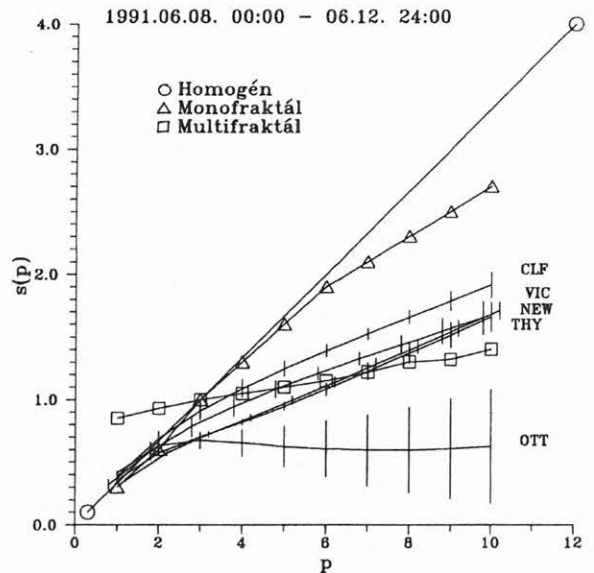
4. ábra. A Meteosat által látható földi állomások

vatórium adatsorát vizsgáltuk nyolc vihar alkalmával (5. ábra). Az adatokon nem lineáris analízist végeztünk. Eddigi munkánk még nem teszi lehetővé az alapkérdés eldöntését, vagyis jelenleg még nem tudjuk pontosan leírni a viharok idején lefolyó turbulens energiaáramlást (6. ábra).

Ezen a területen folyó munka természetesen a pályázat lezárulásával nem fejeződött be, sőt a pályázat inkább csak megteremtette a lehetőségét egy széles nemzetközi együttműködés keretében végzett kutatásba történő bekapcsolódásunknak, hiszen Magyarország az INTERMAGNET teljes jogú tagjává vált.



5. ábra. Mágneses vihar lefolyása különböző obszervatóriumokban



6. ábra. Analízis eredmények az elméleti modellekkel történő összehasonlításban

# Magnetoszféra-kutatás pulzációkkal (1991—1994)

VERŐ JÓZSEF<sup>1</sup> (témavezető), BENCZE PÁL<sup>1</sup>, CZ. MILETITS JUDIT<sup>1</sup>, HOLLÓ LAJOS<sup>1</sup>, MÁRCZ FERENC<sup>1</sup>, WALLNER ÁKOS<sup>1</sup>, WESZTERGOM VIKTOR<sup>1</sup>, ZIEGER BERTALAN<sup>1</sup>

J. VERŐ, P. BENCZE, J. CZ. MILETITS, L. HOLLÓ, F. MÁRCZ, Á. WALLNER, V. WESZTERGOM, B. ZIEGER: Research of the magnetosphere by using pulsations

OTKA nyilvántartási szám: 1171

A pályázat benyújtásakor az volt a célunk, hogy a geomágneses pulzációk, elsősorban a Pc3-4 típus (periódusuk 15—45 s, illetve 45—150 s) létrejöttével és terjedésével kapcsolatos vizsgálatainkat folytathassuk. Több résztémára oszlik ez a munka, ezek közül a lényegesebbek, amelyekben sikerült eredményt is elérnünk, a következők:

- 1) A Nagycenki Geofizikai Obszervatórium INTERMAGNET állomásához kapcsolódva és jövőbeli közös mérések lehetőségére is számítva, 1 s-os mintavételű digitális tellurikus regisztrálást indítottunk el 1994 márciusában, s ez azóta is folyamatosan működik.
- 2) Az előző közép-európai állomásláncok tapasztalatai alapján 1991 első hat hónapjában három obszervatórium, L'Aquila (AQU), Nagycenk (NCK) és Niemegek (NGK) együttműködésében állomásláncot hoztunk létre. A három állomás, később részben még Warnkenhagen és Budkov is, előre meghatározott időpontokban, naponta 0800 és 0900, valamint 1300 és 1400 UT között egyidejűleg a lehető legteljesebben mérte a pulzációkat. Kiegészítésül sikerült megszerezniünk a japán Kakioka obszervatórium 1991-es digitális anyagát. A mérések feldolgozása is az OTKA keretében történt, illetve folyik ma is.
- 3) A whistlerek terjedési pályájának Tihanyban végzett mérésekből kiszámított L-értéke és az ennek megfelelő geomágneses erővonal egyenlítői szakaszára vonatkozó részecskesűrűség-adatok alapján összefüggést kerestünk a pulzációs tevékenység paraméterei és a whistler pályák

között. Később bevontuk ebbe a csehországi Panska Vesben hosszú időn át végzett whistler mérések eredményeit is.

- 4) Vizsgáltuk a pulzációs tevékenység hosszú periódusú változásait, így a 27 és 13,5 napos, az éves és féléves, illetve a 11 éves napciklussal kapcsolatos változásokat.
- 5) A bolygóközi térben, a magnetoszféra határán, a magnetopauzánál, illetve az onnan a felszín felé való terjedés során bekövetkező változásokat tanulmányoztuk megfelelő *in situ* mérések felhasználásával.

A Pc3-4 típusú geomágneses pulzációk forrása a bolygóközi térnek a magnetoszférától a Nap felé eső részében van. Ott a magnetoszféra határától visszafordított, és a napszéllel ellentétes irányban áramló elektronok és a napszél kölcsönhatására magneto-hidrodinamikuss hullámok (*upstream waves*) alakulnak ki. Ezek periódusa a bolygóközi mágneses tér  $B$  térerősségétől függ (a periódus  $s$ -ban  $T = 170/B$ ). Kedvező körülmények (elsősorban megfelelő irányú bolygóközi mágneses tér) esetén ezek a hullámok átjutnak a magnetopauzán, bekerülnek a magnetoszférába és ott a mágneses erővonalakra merőlegesen terjednek kompressziós hullámok alakjában. A felszínen a pulzációk az *upstream waves*-nek és a mágneses erővonal sajátrezgésének (*erővonal-rezonancia*) keverékéből állnak. Csak így magyarázható meg az, hogy a pulzációk periódusa egyrészt függ a bolygóközi mágneses tér térerősségétől, másrészt pedig a mérési hely (geomágneses) szélességétől, illetve a rajta áthaladó mágneses erővonal egyenlítői metszéspontjának a felszíntől földszugárban mért távolságától, az  $L$ -értéktől is. A két típus keveredését már az 1984-ben folyt láncolat menti mérések alapján megállapítottuk — tudomásunk szerint ez volt ennek

<sup>1</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, H-9400 Sopron, Csatka u. 6-8.

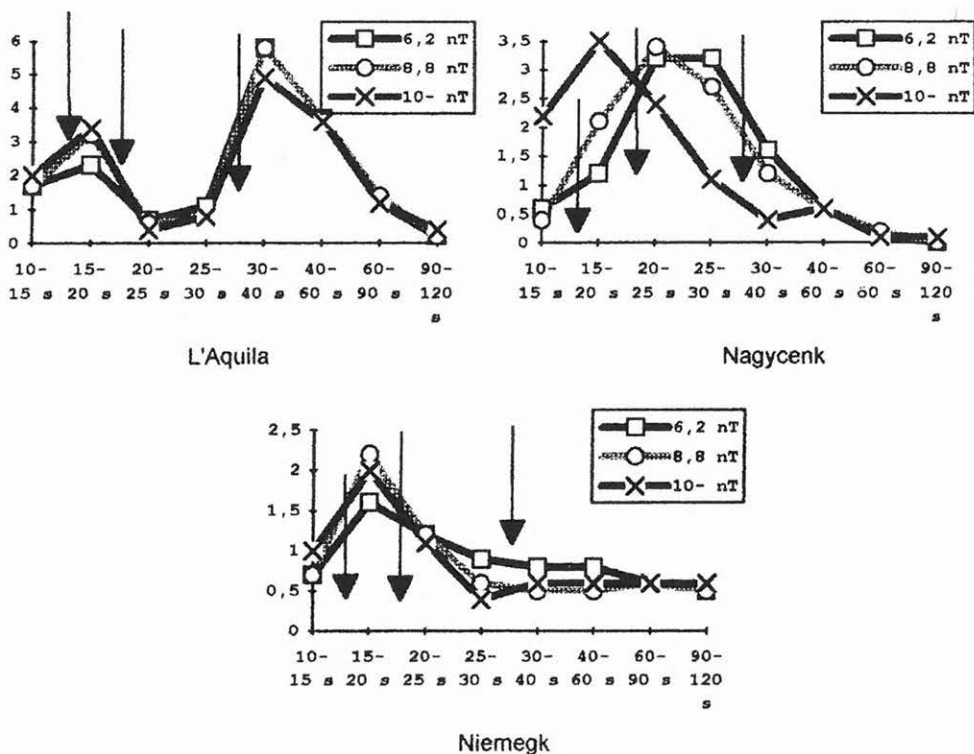
az első felismerése, mások vagy csak az egyik, vagy csak a másik oldalt ismerték. A bolygóközi térből kiinduló két folyamatot szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra. A felszíni pulzációk kialakulásának folyamata

Az 1991-es mérésekkel arra próbáltunk választ keresni, hogy változik-e és ha igen, milyen hatásokra az upstream waves megjelenése és az erővonal-rezonanciák hatékonysága. Ha pedig — legalábbis látszólag — a két típus egyszerre jelenik meg, akkor hogyan látszanak az idősorokban? Arra is kerestük a választ, lehetséges-e egy állomás adatai alapján a két típust megkülönböztetni, mert például a bolygóközi mágnes tér erősségét csak az upstream waves alapján lehet becsülni.

A 2. ábra a három állomáson különböző bolygóközi mágneses térerősségek esetén észlelt spektrumokat mutatja. A meglepő az, hogy a három, egymáshoz nem túlságosan messze fekvő állomás esetében mind a spektrumok, mind azoknak a bolygóközi mágnes tér változásaira való reakciója mennyire eltérő. A maximum helyzete megfelel a vártnak, AQU esetében 15 s, NCK-nél 22 s körül van, NGK-ben pedig 30–35 s, de itt már egy határozott második csúcs is megjelent, amely valószínűleg a rezonancia második felharmonikus, 15 s körüli periódussal. Ami a bolygóközi mágnes térrel (B) való kapcsolatot illeti, az AQU esetében nagyon gyenge, csak a hosszabb periódusok tevékenysége csökken nagyobb B esetében. NGK-en B hatása úgy

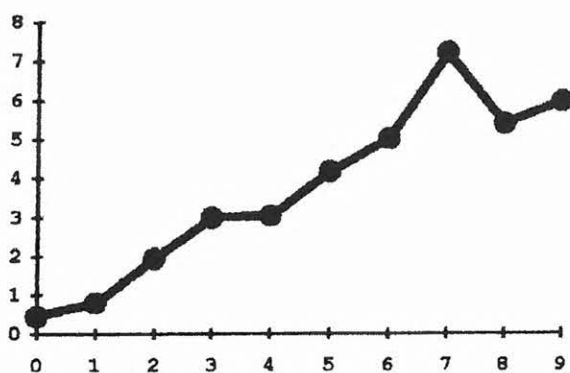


2. ábra. A pulzációk észlelt spektruma a három állomáson különböző bolygóközi mágnesterek esetén

jelentkezik, hogy a rövidebb periódusú második harmonikus tevékenysége nagyobb, ha a mágnestér erősebb. NCK esetében viszont elég határozottan követi a csúcs helyzete a B alapján várt változásokat; ezt fekete nyilak jelzik. Ebből arra következtetünk, hogy a Nagycenki Observatórium (geomágneses) szélessége, illetve a 2 körüli  $L$ -érték) optimális a bolygóközi mágneses térerősség meghatározására. Fizikailag valószínűleg az a helyzet, hogy egyrészt kisebb szélességekre már nem jut el az elsődleges hullám, másrészt nagyobb szélességen, így Niemegkben a héjrezonanciák szinte állandóan megjelennek, ha nem is azonos erősséggel, és elnyomják az upstream waviest. A második harmonikus jelentkezése bizonyos fokig rejtélyes, mert némileg északabbra, Warnkenhagenben ez már nincs meg.

A whistlerek és a Pc3 pulzációk közötti kapcsolat lehetősége már régebben felmerült, de tudomásunk szerint eddig senki sem vizsgálta meg. Lehetőségét az teremti meg, hogy a pulzációk keletkezésében — főként a héjrezonancia eredetűek esetében — ugyanannak a magnetoszféra tartománynak van szerepe. Az upstream waves esetében viszont a felszínig való terjedés feltételei lehetnek kapcsolatban a whistlerekkel. Ezeket a lehetőségeket Tihanyban észlelt whistlerekből számított értékekkel valószínűsítettük.

A whistlerek és a pulzációk közötti kapcsolat vizsgálatára felhasználtuk a csehországi Panska Vesben a hetvenes évek óta rendszeresen végzett whistler megfigyelések adatait: itt óránként két percig számolják az összes előforduló whistlert. Gyakoriságuk rendkívüli mértékben változik az évek során, de nincs egyértelmű kapcsolat a naptevékenység 11 éves ciklusával. A napi (éjszakai) és évszakos (téli) maximum egyaránt megjelenik. Összefüggést kerestünk a whistlerek gyakorisága és a Nagycenken meghatározott napi pulzációs indexek között. Azért kellett a napi átlagos pulzációs tevékenységet jellemző indexet, és nem a pillanatnyi amplitúdót választanunk, mert a két jelenség napi járása ellentétes lévén, az éjszakai órákban kis pulzációs tevékenység miatt ez akkor nehezen jellemezhető. A napi indexek használata feltételezi a két jelenség fennmaradási hajlamát, vagyis azt, hogy a nagy pulzációs tevékenységű napon a nagycenki éjszakai, tehát pulzációmentes időszak alatt is nagy a Föld nappali részén a pulzációs tevékenység, illetve a whistler gyakoriság is megmarad egy egész napon át. Ez a feltevés mind a két esetben elfogadható. Az ábra mutatja, hogy a whistler-szám hogyan nő éjszaka a pulzációs index növekedésével, nappal különösen akkor, amikor a pulzációs index nagyon nagy, 6 feletti, éjjel viszont a növekedés majdnem egyenletes



3. ábra. A Panska Vesben 20 és 22 h LT között két perc alatt észlelt whistlerek átlagos száma a nagycenki napi pulzációs index (vízszintesen) függvényében (1972, 1973, 1979)

a (logaritmikus léptékű) pulzációs index függvényében.

Optimum szűrés (spike dekonvolúció) segítségével akkor is meg tudjuk határozni a mágneses erővonalak válaszfüggvényét, ha nem ismerjük a gerjesztő forrást, csak a felszíni pulzációs regisztrátum áll rendelkezésre. Bizonyos feltételekkel a dekonvolúciós optimum szűrő ebből számítható, majd ennek invertálása megadja az impulzus-válaszfüggvény legjobb becslését. Néhány állomás egy-hat hónapos regisztrátuma alapján meghatároztuk ezt a válaszfüggvényt, ennek alapján KAK esetében 15, NCK-en 20, NGK-ben 35 s a héjrezonancia periódusa, NGK-en a második harmonikus is megjelent. A rezonanciafrekvencia reggeltől délutánig csökken — ez új eredmény, és többé-kevésbé mindhárom állomáson megjelenik.

A pályázat keretében végzett más vizsgálatokról helyszűke, továbbá a színes ábrák reprodukálhatatlansága miatt itt nem tudunk beszámolni. Az egész időszak tevékenységét sikeresnek ítéljük meg. Sikert a pulzációkkal foglalkozó csoport korszerű működési feltételeit megteremteni, mind műszer- és számítástechnika, mint adatok beszerzése tekintetében. Eredményeink korszerűségét mutatja az, hogy sok ország számos kutatócsoportjával tudtunk együttműködést kiépíteni, róluk részben partnereinkkel közösen, részben pedig külön is tucatnyi cikket jelentettünk meg nemzetközi folyóiratokban, több alkalommal kaptunk meghívást nemzetközi konferenciákra, előadásokra. Együttal leraktuk egy jövőbeli együttműködés alapját is, a whistlerek és a pulzációk együttes kutatása területén, az ELTE Geofizika Tanszékével és a Tihanyi Observatóriummal közösen.

## PUBLIKÁCIÓK

- (Megjegyzés: A *dőlt* betűvel írt nevek az OTKA pályázat részvevőit jelentik).
- ÁDÁM A., PAPP G., SZENDRŐI J., VERŐ J. 1992: Geofizikai számítógépes adatbázisok az MTA GGKI-ben, Magyar Geofizika **33**, 63–70
- BENCZE P. 1991: A joint view of geomagnetic, ionospheric and thermospheric disturbances, Acta Geod., Geoph., Mont. Hung. **26**, 237–251
- BENCZE P. 1992: Magnetohidrodinamikai rezonancia és a geomágneses pulzációk, Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVII**, 112–130
- Cz. MILETITS J. 1992: Pulzációperiódusok magas és alacsony szélességeken. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVII**, 27–36
- Cz. MILETITS J., HOLLÓ L., VERŐ J., ZIEGER B. 1993: Az űr-időjárás és a geomágneses pulzációk. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XIX**, 132–149
- Cz. MILETITS J., HOLLÓ L., VERŐ J., ZIEGER B. 1994a: Three solar activity cycles in geomagnetic research — Observations at the Nagycenk Observatory. In: W. SCHRÖDER, M. COLLACINO (Eds) Geophysics, Past Achievements and Future Challenges, 54–66
- Cz. MILETITS J., HOLLÓ L., VERŐ J., ZIEGER B. 1994b: Interplanetary magnetic field-dependent and geomagnetic latitude dependent periods of pulsations — A re-evaluation. Acta Geod. Geoph. Hung **29**, 179–196
- Cz. MILETITS J., VERŐ J. 1991: Pulsations of solar wind and magnetospheric origin. HHI.Report **22**, 199–204
- VERŐ J. 1993: Geomagnetic Pulsations, Weltraumforschung, Kooperation zwischen Österreich und Ungarn. Festsymposium Riedler, Collegium Hungaricum, Wien, 88–108
- VERŐ J., BEST I., VELLANTE M., LÜHR H., DE LAURETIS M., HOLLÓ L., STŘEŠTIK J. 1995: Relations of field line resonances and upstream waves and the winter attenuation of pulsations. Ann. Geophysicae **13**, 689–697
- VERŐ J., Cz. MILETITS J. 1994: Impulsive pulsation events and pulsation beats. J. Atm. Terr. Phys. **56**, 433–445
- VERŐ J., HOLLÓ L. 1992: A napszélsebesség nagysága hirtelen történő megváltozásának hatása az elektromágneses pulzációkra. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVII**, 16–27
- VERŐ J., HOLLÓ L., SINGH B.P. 1991: Geomagnetic pulsations at low- and mid-latitudes. Acta Geod., Geoph. Mont. Hung. **26**, 253–263
- VERŐ J., LE MINH TRIET, SZENDRŐI J. 1992: Pulsations at the geomagnetic equator. Acta Geod., Geoph. Mont. Hung. **27**, 171–175
- VERŐ J., WESZTERGOM V. 1991: Fenyvegetik-e Magyarországot mágneses viharok? Magyar Tudomány, 10–14
- VERŐ J., WESZTERGOM V. 1993: A geomágneses indexek automatikus előállításáról. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XIX**, 149–153
- VERŐ J., ZIEGER B. 1994: Upstream waves and field line resonances — Pulsation research at the Nagycenk Observatory during three solar cycles. In: Solar Wind Sources of Magnetospheric ULF Pulsations. Geophysical Monograph **81**, 55–66
- VERŐ J., ZIEGER B., LÜHR H. 1994: Upstream waves and surface geomagnetic pulsations. In: Solar Wind Sources of Magnetospheric ULF Pulsations. Geophysical Monograph **81**, 365–373
- VÖRÖS Z., VERŐ J., KRISTEK J.: Nonlinear time series analysis of geomagnetic pulsations. Nonlinear Processes in Geophysics **1**
- WESZTERGOM V. 1992: A geomágneses viharok technogén hatásai. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVIII**, 202–205
- ZIEGER B. 1991: Long-term variations in pulsation activity and their relationship to solar wind velocity, geomagnetic activity and F2 region electron density. J. Geoph. Res. **96**, 21115–21123
- ZIEGER B. 1992: MHD hullámok a magnetopauza közelében és viszonyuk a felszíni pulzációkhoz. Ionoszféra és magnetoszféra fizika **XVIII**, 104–112
- ZIEGER B., MURSULA K. 1994: A 13.5 day variation in the near-earth solar wind and in the geomagnetic activity and its development during the solar cycle. Proceedings of the Eighth International Symposium on Solar-Terrestrial Physics, Part I, 99

# *A geogáz feláramlás és geodinamikai események kapcsolatának műszeres vizsgálata radonmérések útján; országos obszervatóriumi hálózat kiépítése*

VÁRHEGYI ANDRÁS<sup>1</sup> (témavezető), BARANYI ISTVÁN<sup>1</sup>, HAKL JÓZSEF<sup>2</sup>

A. VÁRHEGYI, I. BARANYI, J. HAKL: Investigation of the relation between geogas upflow and geodynamical events by means of radon measurements; construction of national observatory system

OTKA nyilvántartási szám: 2011

## **1. Bevezetés**

A címben jelzett kutatási témához az OTKA az 1991–94. időszakra összesen 4,8 millió Ft támogatást adott. A kutatások irányítója VÁRHEGYI András laboratóriumvezető, a földtudomány kandidátusa (Mecsekurán Ércbányászati Kft.), közreműködő kutatók BARANYI István nyugdíjas geofizikus mérnök és HAKL József fizikus (ATOMKI).

## **2. Előzmények**

A környezetünkben mindenütt jelenlévő alfa-sugárzó radon gáz mint természetes eredetű radioaktív nyomjelző lehetőséget teremt arra, hogy segítségével megfigyeljük a földfelszín közelében lejátszódó kőreg-, víz- és légmozgásokat. Ezek a transzportfolyamatok a litoszféra, az atmoszféra és a hidroszféra kölcsönhatásai folytán jönnek létre, amelyek folyamatos megfigyelése új lehetőségeket teremtett „geofizikai környezetünk” megismerésére. A kutatás során elsősorban a földkéregben lejátszódó geogáz transzportfolyamatoknak a mobil és radioaktív radonnal nyomjelzett folyamatos műszeres vizsgálatát tűztük ki célul. Arra kerestük a választ, hogy a geodinamikai események és a legkülönbözőbb környezeti paraméterek milyen módon hatnak ezekre a folyamatokra.

A kutatások keretében HAMAMATSU vagy CANBERRA PIPS félvezető érzékelővel ellátott korszerű, automatikus működésű, terepálló radon monitoring rendszert fejlesztettünk ki a balatonalmádi DATAQUA Elektronikai Kft.-vel és a debreceni ATOMKI-val közösen. A továbbiakban sokcsatornás egységek kifejlesztésére került sor abból a célból, hogy a radontranszportra leginkább ható környezeti paraméterek egyidejű regisztrálását megoldjuk. Ezek a műszerek a radonkoncentráción kívül a hőmérséklet és légnyomás, illetve víz alá telepítve a vízszint és a vezetőképesség monitorozását képesek ellátni. A műszerek autonóm energiaellátással (alkáli telepek), csatornánként 1–240 perc között programozható mérési gyakorisággal és csatornánként 8 Kbyte elektronikus memóriával vannak ellátva, amely 1 órás mérési periódus beállítása esetén több hónapos zavartalan működést tesz lehetővé. Az adatok kinyerése akár egy kisméretű adatkilvasó egység segítségével, akár egy IBM-kompatibilis „notebook” számítógép segítségével a helyszínen a mérési folyamat megzavarása nélkül bármikor elvégezhető. A műszerek kialakítása olyan, hogy szélsőséges környezeti viszonyok közé (pl. barlangba, bányába, fúrásba, víz alá) is telepíthetők.

Elvégeztük a radon monitorok kalibrációját egyrészt a Sopron-Bánfalvi Geofizikai Obszervatóriumban szilárdtest nyomdetektorokkal és ATMOS radon monitorral történő összemérés alapján, másrészt Angliában és Svédországban nemzetközi standard radonkamrákban történő beméréssel.

<sup>1</sup>Mecsekurán Kft., 7614 Pécs, Pf. 65.

<sup>2</sup>ATOMKI, 4001 Debrecen, Pf. 51.

### 3. A kutatási eredmények ismertetése

Az eredmények alábbiaknál részletesebb összefoglalása (sok ábrával) VÁRHEGYI, HAKL [1994]-ben található.

Az OTKA projekt legfőbb eredményének az tekinthető, hogy — az országos geofizikai obszervatóriumi hálózathoz hasonlóan, részben ahhoz kapcsolódva — kiépült egy, az ország különböző pontjain telepített radon monitoring hálózat. Ezek (kisebb-nagyobb technikai eredetű problémáktól eltekintve) folyamatosan, általában 1 órás időfelbontással szolgáltatják a radonkoncentráció és a vele összefüggésbe hozható környezeti paraméterek (légnomás, hőmérséklet, vízszíningadozás stb.) idősorát. Ezek a regisztrátumok egyrészt számítógépes adatbázisban összegyűjtve archiválásra kerültek, ill. folyamatosan kerülnek, másrészt kinyomtatva, albumszerűen összefoglaljuk azokat. Az adatsorok a többi geofizikai-geodinamikai obszervatórium regisztrátumaihoz hasonlóan a tudományos nemzeti vagyon részét alkotják. Az alábbi táblázatban összefoglaljuk a kutatás során működtetett megfigyelőhelyeket és azok üzemelési idejét.

Különbféle földtani környezetben sikerült eddig (mérőrendszer híján) elképzelhetetlen részletességgel vizsgálni a radonkoncentráció időbeli ingadozásait, és — a környezeti paraméterek egyidejű

vizsgálatával — feltárni az ebben rejlő törvényszerűségeket. Ezen a téren a legfontosabb felismerés az, hogy földtani környezetben (pl. egy barlangban) a radonkoncentráció igen nagy dinamikájú — esetenként 2—3 nagyságrendnyi — ingadozást mutat néha még igen rövid, néhány napos időskálán is. Ez felhívja a figyelmet az egyszeri mérések nem reprezentatív jellegére, illetve az általánosan alkalmazott integráló típusú (pl. nyomdetektoros) mérések hátrányaira a folyamatos monitoringgal szemben.

A radontranszport és geodinamikai események kapcsolatának feltárásánál a kutatás (eddig) inkább a nehézségeket és bizonytalanságokat tárta fel. A regisztrált idősorokat geodinamikai szempontból elsősorban a Mecsekurán Kft. geodinamikai állomásának adataival (szeizmológiai állomás 5 db, részben föld alatti, részben külszíni érzékelővel valamint mélyszínti extenzométer, üzemelteti BERTA Zsolt), továbbá az MTA GGKI Szeizmológiai Intézet (MÓNUS Péter) által átadott földrengés idősorokkal, az ELGI (VARGA Péterné) által megadott földi árapály idősorokkal, valamint az általunk regisztrált vízszíningadozás idősoraival vetettük össze. Az árapály diagramokkal történő korrelációs vizsgálatok és frekvencia analízis alapján sikerült ugyan egyes mérőhelyeket geodinamikai érzékenység szempontjából minősíteni, de még a legérzékenyebb helyeken sem sikerült egyértelmű, direkt kapcsó-

Mérőhely	Üzemeltetés ideje					
	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Budapest, Mátyás-hegyi Geofiz. Obszervatórium	x	x	x	x	x	x
Sopron-Bánfalvi Geofizikai Obszervatórium	x	x	x	x	x	x
Dinnyeberki kutatófúrás (vízszint alatt)	x	x				
Kunadacs-1 és -3 MÁFI figyelőkút	x	x	x	x	x	
Abaligeti cseppkőbarlang		x	x	x	x	x
Abaliget-4 és -9 kutatófúrások		x	x	x	x	x
Mecsekurán Kft. bányái, 3. akna			x	x		
4. akna		x	x	x	x	x
5. akna			x	x	x	x
Mecsekurán Kft. geodinamikai állomás			x	x	x	x
Mecsekurán Kft. zagyteri figyelőkutak				x	x	
MÉV Alfa-vágat (Bodai Aleurolitban)				x	x	x
Ellend-2 MÁFI figyelőkút			x			
Mátraderecske, kutatófúrások			x			
Recski ércbánya, Ajka, Jókai-akna			x			
Cserszegtomaji kútbarlang				x	x	x
Tapolca, kórházbarlang				x	x	x
„Csodabogyós” barlang (Keszthelyi-hg.)					x	x
Bükki, aggteleki barlangok (ATOMKI)	x	x	x	x	x	x

latba hozni egyedi geodinamikai eseményeket radonszint változásokkal (pedig erre a szakirodalom több példát felhoz). Természetesen ez nem jelenti azt, hogy ilyen kapcsolat nincs, de a további kutatások nehézségeire mindenesetre felhívja a figyelmet.

Elsősorban barlangokban végzett mérések alapján sikerült kidolgozni, illetve finomítani különféle típusú, felépítésű barlangok légköri modelljét [HAKL et al. 1993, 1995, más OTKA-val is támogatva]. A légkörzés alapján kialakult a barlangoknak két szélső típusa, az abaligeti, illetve cserseztomaji típusú. Előbbi csőszerű felépítése folytán a levegő ki-, ill. beáramlása a meghatározó, amit a külső és belső levegő hőmérséklet- (következésképpen fajsúly-) különbsége határoz meg. Itt szélsőséges éves ingadozások várhatók (télen nagyon alacsony, nyáron nagyon magas a radonszint). Az egyetlen bejáratú, kútból nyíló, diffúz felépítésű Cserseztomaji barlang képviseli a légköri skála túlsó végét, ahol a radon diffúziós mozgása, illetve a barometrikus légnyomásváltozások hatása a meghatározó (a radonkoncentráció és légnyomás diagramja szinte egymás tükörképe). A legtöbb hazai barlang e két szélső típus közötti skálán szóródik.

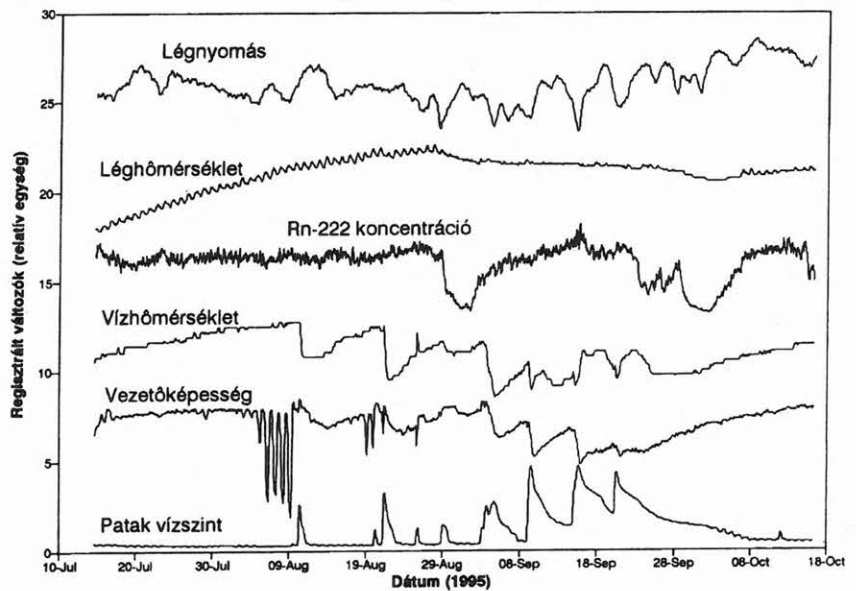
Részben véletlenül, részben előzetes információk alapján sikerült néhány olyan helyre bukanni, ahol időnként extrém magas (10–100 kBq/m<sup>3</sup> nagyságrendű) radonkoncentrációk uralkodnak (Sopron-Bánfalvi Obszervatórium, Abaligeti, Cserseztomaji, Tapolcai barlang, mátradereskei házak stb.). Ez felhívta a figyelmet az itteni emberi tartózkodás sugár-egészségügyi veszélyeire. A tapasztalt értékekre felhívtuk az érintett szakemberek (OSSKI) figyelmét, akik megtették a szükséges sugárvédelmi intézkedéseket, és biztatást is kaptunk a vizsgálatok ez irányú kiterjesztésére.

A Mecsekurán Kft. uránbányáiban föld alatti munkahelyeken, a kihúzó légáramlatok helyein, továbbá a bánya környezetében telepített monitoring műszerekkel felderítettük az ország legnagyobb „radontermelőjének” kritikus pontjait, radonforgalmát. A folyamatos mérések feltárták a bánya szellőztetési rendszerének hatását a különböző bányatárségek radonkoncentrációjára, aminek következtében a bá-

nyaszellőztetést dozimetriai szempontból optimalizálni lehetett. Bizonyítást nyert továbbá, hogy a hazai uránbányászat radonkibocsátás szempontjából nem jelent veszélyt az emberi környezetre [VÁRHEGYI, BERTA 1994]. Hasonló vizsgálatokat más magyarországi bányákban (Ajka, Recsk) is végeztünk.

Egy másik, újonnan belépett ígéretes kutatási irány a vizek össz-sótartalmának (a vezetőképességből és a hőmérsékletből származtatott) folyamatos monitorozása, amellyel lehetővé válik a geogáz- és fluidummozgások együttes vizsgálata. A szintén a DATAQUA által végzett műszerfejlesztés jelenleg a végső terepi kipróbálás fázisában van. Ennek egyik első eredménye látható az ábrán, mely az Abaligeti Cseppkőbarlangban rögzített diagramokat mutatja.

Monitoring az Abaligeti Barlangban



Végül a kutatások hozzájárultak ahhoz, hogy a tárgyalt időszakban — legalább részben a vázolt kutatási eredményekre alapozva — egy doktori és egy kandidátusi értekezés sikeres megvédésére került sor (ld. Hivatkozások).

A kutatások folytatására 1994-ben benyújtott OTKA pályázat eredményes volt, ami lehetővé teszi a munka folytatását további 4 évig. A pályázat legfontosabb adatai a következők: nyilvántartási szám: T 017560, cím: Országos radon monitoring hálózat üzemeltetése, kutatásvezető: VÁRHEGYI András, közreműködő kutató: HAKL József (ATOMKI), kutatási időszak: 1995–98, a támogatás összege: 2 millió Ft.

#### 4. Köszönetnyilvánítás

A kutatások megvalósítása során a Mecsekurán Ércbányászati Kft., a Mecseki Ércbányászati Vállalat, továbbá a DATAQUA Elektronikai Kft. mind anyagi, mind műszaki-technikai-szakmai természetű támogatást nyújtott, amelynek együttes mértéke elérte az OTKA támogatás nagyságrendjét. Ezért köszönet illeti nevezett cégeket, és előzetes tájékozódásunk szerint a kutatómunka folytatásánál is számíthatunk a már „megszokott” segítségére.

#### HIVATKOZÁSOK

- HAKL J. 1992: Radontranszport vizsgálatok. Egyetemi doktori értekezés, Debrecen
- HAKL J., HUNYADI I., VÁRHEGYI A. 1993: The study of subsurface radon transport dynamics based on monitoring in caves. Proc. 2nd Int.

Colloquium on Gas Geochemistry, Besancon, France

- HAKL J., VÁRHEGYI A., GÉCZY G., CSIGE I., HUNYADI I. 1995: Radon transport in fractured porous media — experimental study in caves. Proc. 6th Int. Symp. on the Natural Radiation Environment, Montreal, Canada
- VÁRHEGYI A. 1993: A radontranszport geogáz mikrobuborékos modellje, ezen alapuló kutatómódszer és monitoring. Kandidátusi értekezés, Pécs
- VÁRHEGYI A., BERTA Zs. 1994: Geophysical monitoring of environmental impact of a deep uranium mine in Mecsek mountain, Hungary. Publications of the University of Miskolc, Series A (Mining) **49**, 147–156
- VÁRHEGYI A., HAKL J. 1994: A silicon sensor based radon monitoring device and its use in environmental geophysics. Geophysical Transactions **39**, 289–302



# *Geofizikai módszerfejlesztés geoelektromos rekonstrukció és szeizmikus tomográfia együttes alkalmazására földtani szerkezetek inhomogenitásának meghatározása céljából*

DOBRÓKA MIHÁLY<sup>1</sup> (témavezető), GYULAI ÁKOS<sup>1</sup>, ORMOS TAMÁS<sup>1</sup>

M. DOBRÓKA, Á. GYULAI, T. ORMOS: On the integration of seismic and geoelectric tomography methods for the determination of lateral heterogeneities of the near surface geological structures

OTKA nyilvántartási szám: 2385

A kutatás keretében kidolgoztunk egy nagy pontosságú geoelektromos laboratóriumi modellezési módszert és létrehoztunk egy modellező elrendezést, amellyel lehetővé vált különböző modelleken, különböző mérési elrendezéseknek megfelelően mért adatok gyűjtése geoelektromos rekonstrukciós vizsgálatunk számára. Létrehoztunk egy szeizmikus (akusztikus) modellezési elrendezést földtani szerkezetekben történő hullámterjedés modellezésére.

Szeizmikus tomográfiai módszerfejlesztést végeztünk, amelynek keretében új tomográfiai algoritmusokat dolgoztunk ki: a konjugált gradiens, a SIRT és a Simulated Annealing eljárásokat továbbfejlesztve azok Cauchy-, ill. MFV- (leggyakoribb érték módszere szerinti) súlyok felhasználásával súlyozott változatait alakítottuk ki. Az új algoritmusokat szintetikus adatokon tesztelve bebizonyítottuk, hogy zajérzékenységük, ill. kiugró adatokkal szemben mutatott rezisztenciájuk — a hagyományos eljárásokhoz képest — jelentősen javult. A szeizmikus tomográfia és a geofizikai inverzió módszereinek kombinálásával új eljárást fejlesztettünk ki, amellyel szeizmikus hullámvezető szerkezetek vezetett hullámainak diszperziós adatai alapján a laterális inhomogenitások (vastagság változása vagy testhullámsebesség horizontális inhomogenitása) meghatározhatók. Ehhez szükséges volt a laterálisan gyengén inhomogén hullámvezetőkben terjedő vezetett hullámok irodalomból speciális esetekre ismert WKB diszperziós

relációinak általánosabb levezetésére is. A tomografikus inverziós eljárást szintetikus adatokon teszteltük és vizsgáltuk az eljárás stabilitását (zajérzékenységét és kiugró adatokkal szemben mutatott rezisztenciáját).

Geoelektromos tomográfiai módszerfejlesztést végeztünk, amelynek során az általunk korábban kidolgozott és publikált geoelektromos rekonstrukciós eljárást továbbfejlesztettük:

- kifejlesztettük az algoritmus súlyozott (Cauchy- és MFV-súlyok) változatát ezzel jelentősen megnöveltük az eljárás mérési hibákkal szemben mutatott toleranciáját;
- a nagy (geoelektromos) tomográfiai problémák megoldásának lehetőségét megteremtve az eljárás (a szeizmikus tomográfiaiban általánosan elterjedt) cellánként konstans bázisfüggvényekre alapozott változatát is megadtuk;
- az eljárást vertikális dipól elrendezésen kívül kiterjesztettük horizontális dipól, ill. a felszíni PM (potenciál-szondázás) elrendezésben mért adatok feldolgozására is.

A továbbfejlesztett eljárást laboratóriumi modell adatokon, ill. a dőlt réteges szerkezetekre megfogalmazott geoelektromos direkt feladat megoldásával előállított modell adatokon teszteltük. A kidolgozott algoritmusok gyakorlati alkalmazhatóságát bauxit feké morfológiájának meghatározására mért bányabeli, ill. a Tisza folyó gátján mért felszíni dipól-dipól adatokon mutattuk be.

A szeizmikus és geoelektromos tomográfiai eljárást egyesítve együttes tomográfiai eljárást alakítottunk ki. Az eljárást modell adatokon teszteltük.

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

A kifejlesztett algoritmusok vizsgálatára számos szoftvert hoztunk létre.

A kutatómunka során elért főbb eredményeket az 56. EAEG Meeting-en [FANCSIK, DOBRÓKA 1994, DOBRÓKA 1994], ill. a Magyar Geofizikában [DOBRÓKA 1995a, 1995b, GYULAI 1995, ORMOS 1995] közzöltük. Mivel az utóbbi publikációk e lap hasábjain időben igen közel esnek, az eredmények részletes bemutatása szükségtelen ismétlés lenne, ezért attól eltekintünk.

## IRODALOM

FANCSIK T., DOBRÓKA M. 1994: The propagation of guided SH and P-SV waves in multilayered, laterally inhomogeneous dissipative geological

structures. Extended Abstract, P052, EAEG 56th Meeting, Vienna

DOBRÓKA M. 1994: Robust optimization methods used in seismic tomography. Extended Abstract, G035, EAEG 56th Meeting, Vienna

DOBRÓKA M. 1995: Laterálisan inhomogén hullámvezetőben terjedő Love-típusú hullámok abszorpció-diszperziós jellemzőinek joint inverziója. Magyar Geofizika **36**, 1

DOBRÓKA M. 1995: A tomográfiai rekonstrukció zajérzékenységének csökkentése. Magyar Geofizika **36**, 1

GYULAI Á. 1995: Dőlt réteges földtani szerkezetek geoelektromos kutatási lehetőségének vizsgálata analitikus előremodellezéssel. Magyar Geofizika **36**, 1

ORMOS T. 1995: Felszínközeli geológiai szerkezetek vizsgálata 3-D analóg szeizmikus modellezéssel. Magyar Geofizika **36**, 1



# Elektromágneses kutatás a mélyfúrások bélésűcsövének felhasználásával

TAKÁCS ERNŐ<sup>1</sup> (témavezető), SZARKA LÁSZLÓ<sup>2</sup>, VARGA MIHÁLY<sup>3</sup>

E. TAKÁCS, L. SZARKA, M. VARGA: Vertical steel casing as a monopole transmitter antenna for electromagnetic prospecting

OTKA nyilvántartási szám: 2383

Az elektromágneses kutatásban a „forrást” a kutatandó, felszín alatti képződmény, inhomogenitás közelébe vive lényegesen javulhat kimutathatósága. Ugyanakkor csökken a felszínhez közeli inhomogenitások és árnyékoló rétegek hatása. Összetett és költséges feladat azonban az adó és vevő egységeknek a fúrólukokban történő elhelyezése, különösen akkor, ha a bélésűcsövezés elkerülhetetlen.

A 2383. számú OTKA téma keretében ezért azt vizsgáltuk, hogy maga a bélésűcső nem használható-e a tér forrásaként vagy érzékelőjeként.

A többféle lehetőség közül egyetlen, váltóárammal táplált bélésűcsőnek — mint monopólus antennának — az elektromágneses terét kívántuk a fúrás közvetlen környezetében kutatásában alkalmazni.

## 1. A fizikai modellezés eredményei

Az optimális megtáplálási mód megkeresésére és általában a munka-hipotézis ellenőrzésére a kutatás első lépése a fizikai modellezés volt. A lényegesebb tapasztalatok az alábbiak.

A felszíni bipólus egyik elektródját a bélésűcsővel helyettesítve a *térerősség eloszlására* az alábbi megállapítások tehetők:

- A bélésűcső közvetlen környezetében dominánssá válik a horizontális áramsűrűség. Eloszlása egyenletes, mert eltűnik a felszíni bipólus gerjesztésre jellemző, az elektródoktól ferdén lefelé húzódó éles, semleges zóna.

A mélyebb térrészben jelentősen növekszik a relatív áramsűrűség a felszíni bipólus teréhez képest. A vízszintes áramsűrűség képzetes része lényegesen nagyobb, mint a felszíni bipólusnál.

- A vertikális áramsűrűség bélésűcsövet használva viszonylag kisebb, mint a felszíni bipólusnál. Létrejöttében nagy szerepe van a felszíni elektróda távolságának, a rétegződés sajátosságainak, a laterális inhomogenitásoknak.

Az *áramrendszer frekvenciától függő térbeli eloszlásában* a felszíni bipólus esetéhez képest jelentős módosulást hoz a bélésűcsőbeni árameloszlás. A bélésűcsőtől adott távolságban levő függőleges mentén a vízszintes térerősség változását az 1. ábra szemlélteti.

A felszíni elektród helyzetével az *áramrendszer jellegének szabályozása* érhető el. A felszíni elektródokat kis távolságban körkörösön telepítve és rövidre zárva jó közelítéssel egy mélybeni vertikális elektromos bipólus teréhez jutunk. A bélésűcső alul is gerjeszthető egy, a talpa alatti elektróddal, amivel a vertikális elektromos bipólus legmélyebb helyzete érhető el.

Néhány *kutatási szituáció modellezése* az alábbi eredményre vezetett:

- Egy mélybeni, nagy ellenállású réteg hatása bélésűcsövet használva a felszíni méréseknél kisebb adó-vevő távolságnál és nagyobb indikációval érzékelhető, különösen a fázisban, mint felszíni bipólussal.
- Bélésűcsővel gerjesztéssel mélyfúrások közötti átvilágítás is végezhető. A bélésűcsőhöz illeszkedő nagy ellenállású lap jelenlétét egy másik bélésűcsővel fúrásban a függőleges

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

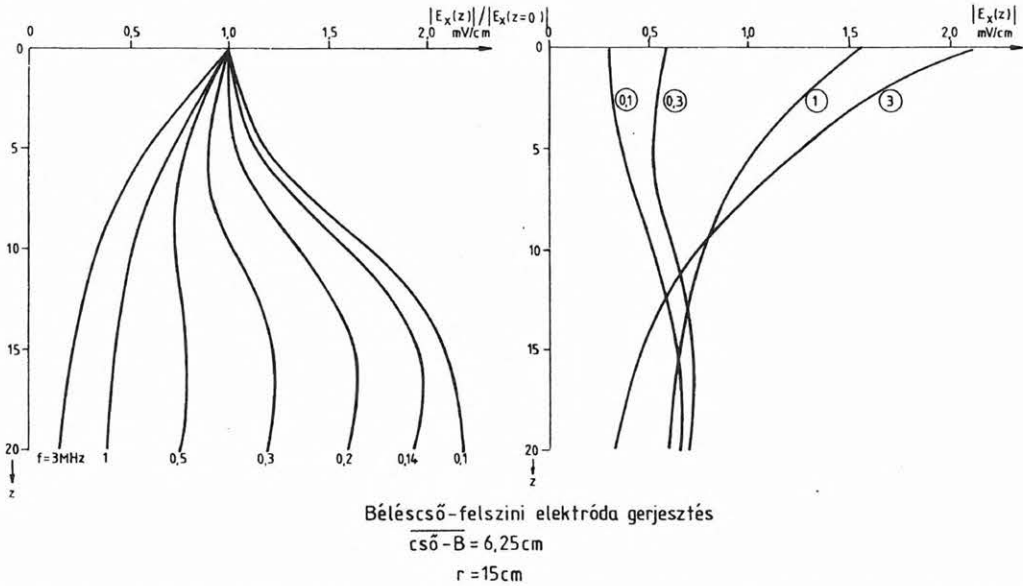
<sup>2</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, H-9400 Sopron, Csátkai u. 6-8.

<sup>3</sup>KBFI-Triász Kft., H-1037 Budapest, Mikoviny u. 2-4.

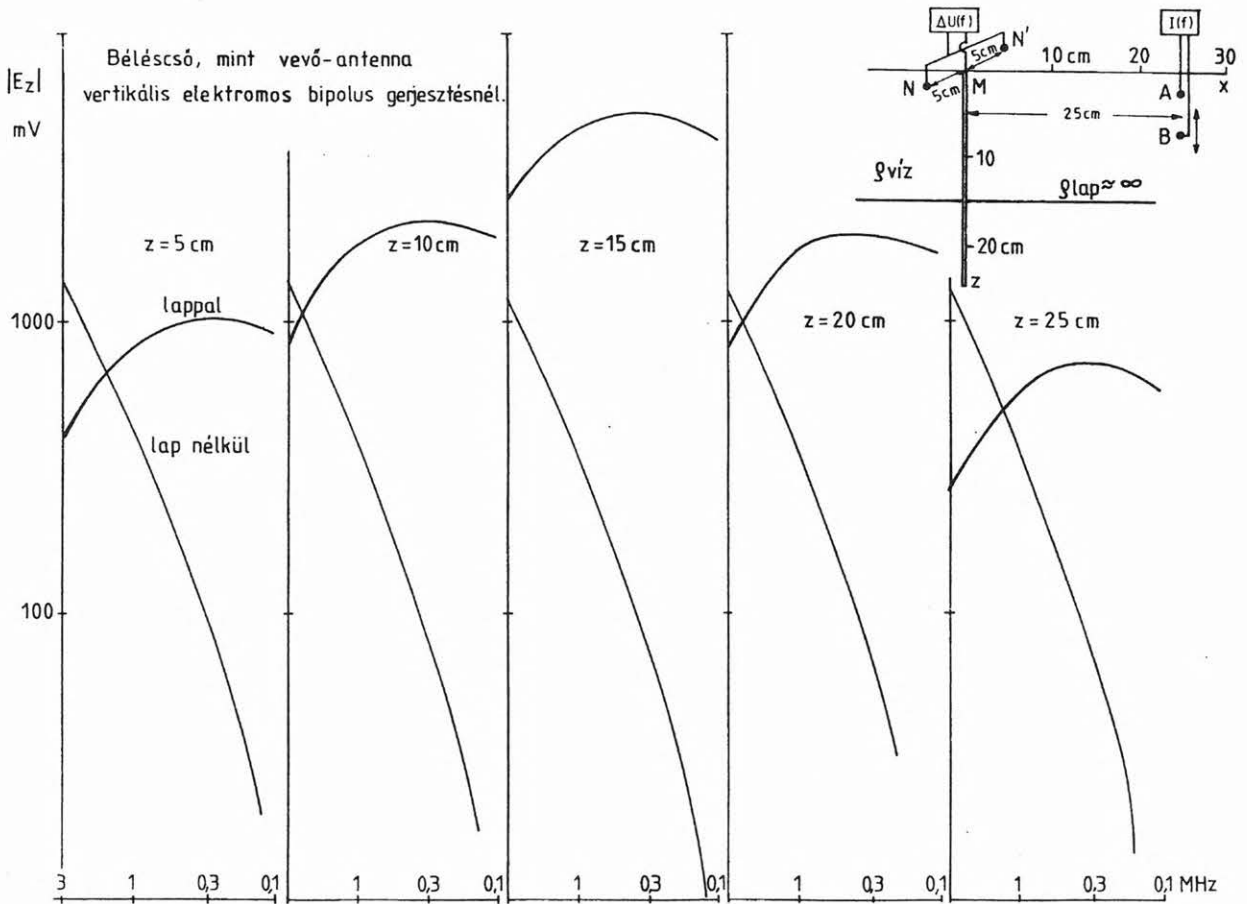
elektród páron mért feszültség távolról is jelzte a lap szintjében. A lap hatása a frekvencia növelésével fokozódott.

— A béléscső vevőantennaként is használható. A béléscső és a felszíni elektródok között mért

feszültség is jelzi a nagy ellenállású lapot, ha a lapon kívül a béléscső vezetlen lyukban mozgatott függőleges adóbipólus a lap szintjéhez ér (2. ábra).



1. ábra. A vízszintes elektromos térerősség változása a mélységgel különböző frekvenciáknál a béléscsőtől adott távolságban



2. ábra. A béléscső által érzékelt függőleges elektromos térerősség az AB adóbipólus változó helyzete szerint

## 2. A numerikus modellezés eredményei

A béléscsöves gerjesztés direkt feladata megoldásának kardinális kérdése a béléscsőbeni árameloszlás meghatározása. A *Casing-AC* program a váltóáramú megtáplálás esetére készült a homogén féltérben levő, függőleges béléscső árameloszlásának és elektromágneses terének meghatározására, ideális kontaktust feltételezve. A megtáplálás a csövet kettéosztó, tetszőleges helyzetű rés két végén történik. A *Casing-DC* program egyenáramnál számítja az árameloszlást és a térerősséget. Az áramforrás a felszínen a béléscsőhöz és egy végtelenben levő elektródhoz csatlakozik.

A látszólagos fajlagos ellenállás meghatározásához szükség van a homogén féltérben, vagy annak felszínén kialakuló *normál* tér ismeretére.

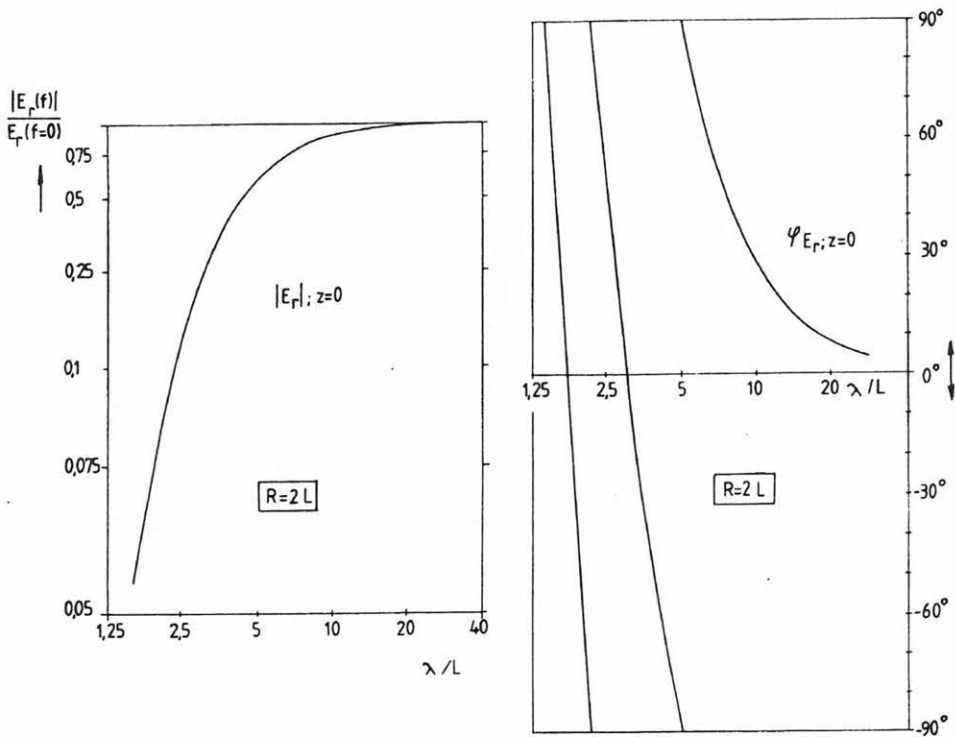
A 3. ábra példaképpen a felszínen mérhető, radiális elektromos térerősség amplitúdójának és fázisának frekvenciafüggését mutatja az  $L$  hosszúságú béléscsőtől  $R=2L$  távolságban. Az adott távolságban mért fázisszögökből, vagy az egyenáramú amplitúdóra normált amplitúdóból az egyes frekvenciákra az ilyen karakterisztikák felhasználásával levezethető a látszólagos fajlagos ellenállás.

A normál tér alakulása szoros összefüggésre utal a mélybeni vertikális elektromos dipólus terével. *A béléscsővel tehát lényegében egy sajátságos, mélybeni vertikális elektromos adó bipólus hozható létre,*

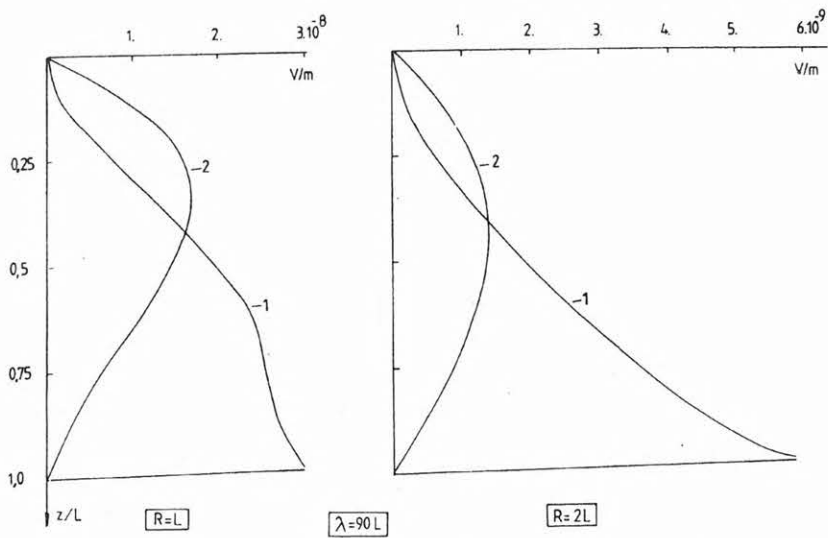
ami ténylegesen csak béléscsővezetetlen lyukban és körülményesen lenne megvalósítható.

A béléscső egyes szakaszai a mérési helyhez viszonyított geometriai helyzetüktől, a frekvenciától és a homogén féltér fajlagos ellenállásától függő mértékben járulnak hozzá a térerősség kialakításához. Példaképpen a béléscső hosszát jóval meghaladó hullámhossznál —  $\lambda=90L$  — a 4. ábra mutatja a *különböző mélységben levő szakaszok hozzájárulását* a felszíni, radiális elektromos térerősséghez a felszíni és talpi megtáplálásnál. A felszíni megtáplálásnál a maximális hatású szakasz mintegy a mérési hely távolsága felének megfelelő mélységben van. A távolság növekedésével mélyebbre, a frekvencia növelésével pedig feljebb kerül. A talpi megtáplálásnál a legnagyobb hatású hely a cső alsó szakasza. A kis frekvenciáknál még az alsó részen eloszló, nagy frekvenciákon pedig a cső végéhez koncentrálódó.

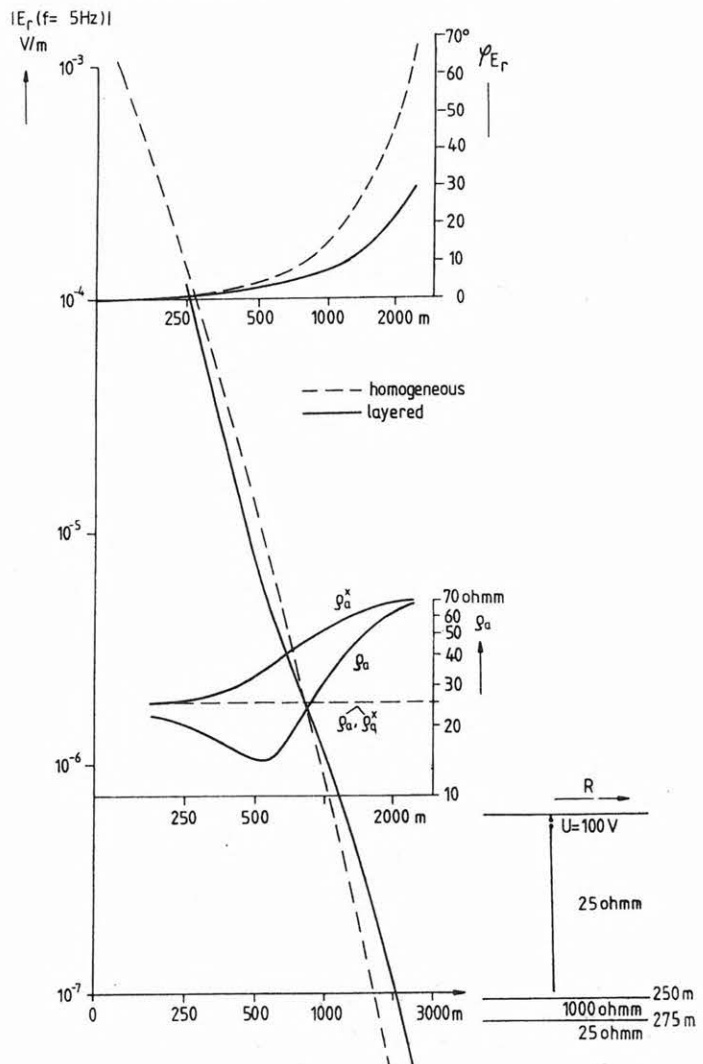
A fizikai modellezés eredményeiből megítélhető a béléscsővet felhasználó kutatás sokféle lehetősége. A numerikus szimulációban először egy könnyen kivitelezhető módosulatot vizsgáltunk. A felszínen radiális szelvényeken a radiális elektromos térerősséget mérjük. Az ilyen kutatás feladata, hogy a fúrásban megismert rétegsor folyamatosságát laterális értelemben vizsgáljuk, az esetleges változásokat felfedezzük. Elegendően kis frekvenciáknál azonban a cső alatti térrészre is kapható információ. Ez



3. ábra. Az  $L$  hosszúságú béléscső normál tere — felszíni radiális elektromos összetevő —  $R=2L$  távolságban



4. ábra. Az  $L$  hosszúságú alsó — (1) — és felső — (2) — megtáplálási béléscső egyes szakaszainak hozzájárulása a radiális elektromos térerősséghez a homogén féltér felszínén  $R=L$  és  $R=2L$  távolságban  $\lambda \approx 90L$  hullámhossznál



5. ábra. A radiális elektromos térerősség amplitúdójának és fázisának függése az  $R$  távolságtól homogén és rétegzett féltér felszínén.  $\rho_a$  az amplitúdóból,  $\rho_a^*$  a fázisból számított látszólagos fajlagos ellenállás ( $f=5$  Hz)

utóbbira mutatunk példát, mivel több szempontból tanulságos.

A geometriai szondázásra látható példa az 5. ábrán. A felszíni, radiális elektromos térerősség már a mélységénél kisebb felszíni távolságban is szignifikánsan érzékeli a béléscső alatti nagy ellenállású réteget. Hatása azután növekszik a távolsággal. A talpi megtáplálásnál az amplitúdó jobban reagál jelenlétére. A vertikális elektromos dipólus sajátjaival összefüggően a nagy ellenállású réteg először az amplitúdó csökkenését eredményezi és csak a mélységének mintegy négyszeres távolságban kezdődik a növekedés a homogén féltérbeli szondázási görbéhez képest. Viszont a fázis szög mindig csökkenéssel reagál meglétére. Ennek következménye, hogy a fázisból levezetett látszólagos fajlagos ellenállás szondázási görbéjén nem alakul ki fiktív minimum. A kutatási mélységnek határt szab a térerősség dinamikus csillapodása a távolsággal.

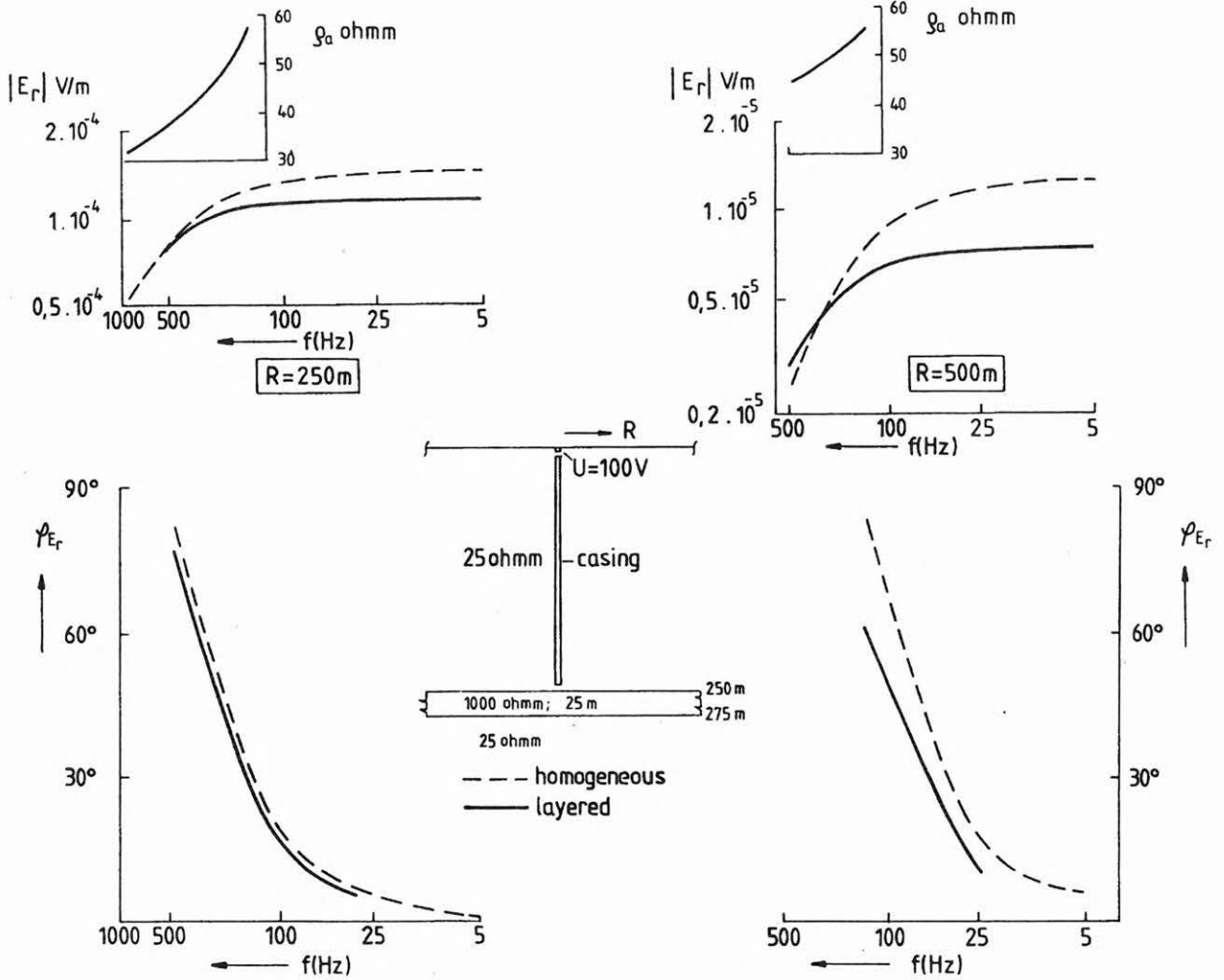
Egy-egy felállásnál a teljes rétegsorra vonatkozó információ kapható frekvencia-szondázással. Kis frekvenciáknál már viszonylag kis távolságban is megjelenik a béléscső alatti térrész hatása. A frekvencia növelésével azután egyre inkább a rétegsor

kisebb mélységű részét tükrözi a szondázási görbe (6. ábra).

A téma kutatása a váltóáramú mérést tekintve előzmények nélkül indult. Eredményeink nyilvánvalóan csak megalapozó jellegűek, amelyek felhívják a figyelmet a béléscsöves mérés lehetőségeire.

Tényleges felhasználásukhoz még további fejlesztésre és tapasztalatok szerzésére van szükség. Az első megvalósíthatósági vizsgálatok eredményei bizonyították az elképzelés helyességét.

A munkában résztvevők köszönetüket fejezik ki az OTKA illetékeseinek a kutatási támogatásért.



6. ábra. A felszíni radiális elektromos térerősség amplitúdójának, fázisának és az amplitúdóból levezetett látszólagos fajlagos ellenállásnak frekvenciafüggése homogén és rétegzett feltér felszínén  $R=L$  és  $R=2L$  távolságban



CONTENTS

Opening.....	3
Modelling hydraulic and hydrothermal underground water flow in sedimentary basin <i>L. Cserepes, Z. Bus, L. Lenkey</i> .....	4
Quality controlled log evaluation of old water well logs <i>D. Drahos, L. Cserepes, P. Salát</i> .....	6
Regional magnetic anomalies of the Pannonian Basin derived from the magnetic measurements of the MAGSAT <i>K. Kis, G. Wittmann</i> .....	10
Paleomagnetic and other studies of the Tertiary movements of some tectonic units of the Inner West Carpathians <i>P. Márton, E. Márton</i> .....	13
Seismic tomography <i>Z. Weber, E. Györi</i> .....	19
Application possibilities of the laser induced plasma atomic emission spectroscopy in geological prospecting and environmental research <i>L. Andrásy, B. Német</i> .....	22
Deep reflection survey of the pre-Tertiary basement <i>K. Posgay</i> .....	27
The study of the wave particle interaction in the Earth's environment <i>P. Bencze, Cs. Ferenc, D. Hamar, L. Hegyemegi, K. Kovács, A. Körmendi, J. Lichtenberger, F. Márcz, G. Satori, Gy. Tarcsai</i> .....	37
Interaction between electromagnetic fields of natural and man-made origin <i>L. Szarka, A. Ádám, T. Steiner, P. Pásztor, V. Wesztergom, E. Prácser</i> .....	43
Hungarian observatories in a global real-time digital magnetic observatory network <i>P. Varga, L. Hegyemegi, A. Körmendi, V. Wesztergom, P. Kovács, Á. Wallner</i> .....	46
Research of the magnetosphere by using pulsations <i>J. Verő, P. Bencze, J. Cz. Miletits, L. Holló, F. Márcz, Á. Wallner, V. Wesztergom, B. Zieger</i> .....	50
Investigation of the relation between geogas upflow and geodynamical events by means of radon measurements; construction of national observatory system <i>A. Várhegyi, I. Baranyi, J. Hakl</i> .....	54
On the integration of seismic and geoelectric tomography methods for the determination of lateral heterogeneities of the near surface geological structures <i>M. Dobróka, Á. Gyulai, T. Ormos</i> .....	58
Vertical steel casing as a monopole transmitter antenna for electromagnetic prospecting <i>E. Takács, L. Szarka, M. Varga</i> .....	60

HU ISSN 0025—0120

Főszerkesztő: dr. Bodoky Tamás

Szerkesztő: Tóth Lajos

Szerkesztőbizottság: dr. Ádám Oszkár, dr. Ferenczy László, Kakas Kristóf, dr. Kis Károly,  
Verő László, Zelei András

Szerkesztőség címe: Budapest, II., Fő u. 68. (1371 Budapest, Pf. 433)

Telefon: 201-9815